A. Rutkowsky

№ 6. 3

Dr Rutkowski

FIZYKA.

WYDAWNICTWO POPULARNE

Balfour Stewart

Członek „Royal Society", Profesor Fizyki w Kollegium Owen'a w Manchester

FIZYKA

Z ostatniego wydania angielskiego

przełożył

Wiktor Biernacki

Kandydat Nauk Matematycznych

Asystent przy katedrze Fizyki w Uniwersytecie w Warszawie.

Z 48 rycinami w tekście

WARSZAWA
NAKŁAD GEBETHNERA I WOLFFA

Дозволено Цензурою.
Варшава, 22 Февраля 1895 года.

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego,
Nowy-Świat 34.

PRZEDMOWA.

Książeczka niniejsza stanowi drugie dziełko w szeregu „Science Primers“ wydanym przez komitet redakcyjny, do składu którego należeli zaszczytnie znani profesorowie Huxley, Roscoe i Balfour Stewart.

Opracowując fizykę popularną, autor miał na uwadze uczni o nizkim jeszcze rozwoju umysłowym; usiłuje też przygotować umysł czytelnika do nieznanych mu jeszcze dziedzin, wprowadzając go w bezpośrednie zetknięcie z przyrodą. W tym celu podaje proste doświadczenia, prowadzące do poznania zasadniczych praw fizyki. Nauczyciel powinien po porządku pokazać je uczniom, a to wzmocni ich spostrzegawczość. Do sprawdzania postępów uczni dopomoże bezwątpienia metodycz-

ny szereg pytań i zadań, umieszczony na końcu książeczki.

Dziełko to, nadmienić wypada, w oryginale i tłumaczeniach na wszystkie niemal języki europejskie rozeszło się w kilku wydaniach. Oby przekład jego polski przyczynił się i u nas do szerzenia wykształcenia przyrodniczego, traktowanego dziwnie po macoszemu.

Tłumacz pozwolił sobie zmienić miary angielskie na metryczne, jako lepiej u nas znane. Wywołało to konieczność drobnych zresztą zmian w ustępie przedostatnim, zatytułowanym „Wiadomości, które pamiętać należy“. Po za tem tłumaczenie jest niemal dosłowne.

Wiktor Biernacki.

Warszawa, Luty 1895.

SPIS RZECZY.

Wstęp.

Własności ciał stałych.

Własności cieczy.

Własności gazów.

Ciała poruszające się.

Ciała naelektryzowane.

WSTĘP.

I. Określenie fizyki.

Z książeczki, podającej wiadomości początkowe z chemii, wiemy, jakie przedmioty istnieją dokoła nas. Dowiedzieliśmy się tam, na czem polega zajęcie chemika, mianowicie, że waży on ciała i znajduje ich masę; wiemy już, w jaki sposób on poznaje, że niektóre ciała są złożonemi i mogą być rozłożone na dwa lub więcej nowych ciał, że natomiast inne ciała są to ciała proste, czyli pierwiastki i nie mogą już być rozłożone.

W ogóle w chemii rozważaliśmy różne **rodzaje** ciał, istniejących w przyrodzie. Lecz o różnych **stanach**, jakie jedno i toż samo ciało przybierać może, niewiele nauczyliśmy się

tam. Ciała przyrody, podobnie jak my sami, podlegają kaprysom i zmianom usposobienia. Wszak twarz każdego z nas bywa czasami rozjaśniona, czasami ponura i zroszona łzami. Czasami czujemy się silnymi i chętnymi do pracy, czasami zaś znużonymi i opieszałymi.

Po krótkiem zastanowieniu się przychodzimy do przekonania, że otaczające nas ciała miewają również różne usposobienia, tak samo jak i my. Wczoraj oblicze przyrody było rozjaśnione i uśmiechnięte, dziś toż samo oblicze jest zachmurzone i groźne: pada deszcz, rozlegają się grzmoty, morze jest wzburzone i pokryte bałwanami. Rozważmy jeszcze kulę żelazną, leżącą na podłodze; dotykając poznajemy, że jest zimną, a unosząc w górę — że jest ciężką. Potrzymajmy ją przez pewien czas w ogniu, poczem wyciągnijmy z powrotem; mamy wówczas toż samo ciało, lecz stan jego jest zupełnie inny, niż przedtem; dotykając kulę, poparzymy sobie palce, jak każdemu wiadomo. Lub też, zamiast kłaść naszą kulę w ogień, wsuńmy ją w działo nabite i wystrzelmy: kula wyleci z olbrzymią szybkością i pogruchocze wszystko, co tylko na swej drodze napotka.

Widzimy więc, że kula armatnia zimna jest czemś wcale różnem od kuli gorącej, a kula nieruchoma — od znajdującej się w ruchu.

Gdy dostrzeżemy, że ktoś płacze i czuje się nieszczęśliwym, zapytujemy o przyczynę tego usposobienia i zawsze przekonywamy się, że coś było tego powodem; lub też gdy widzimy, że komuś braknie energii, że jest apatyczny i opieszały, zapytujemy, co jest tego powodem i co to ma znaczyć, — i znajdujemy również, że istnieje jakaś przyczyna i znaczenie tego. Tak samo, gdy dostrzegamy zmiany stanu lub własności przedmiotów martwych, usiłujemy poznać przyczynę tych zmian, i zawsze znajdujemy, że przyczyna tego istnieje. Takie zapytania będziemy sobie stawiać na następnych stronicach i poszukiwać na nie odpowiedzi. Sposób ten stawiania pytań przyrodzie nazywa się **doświadczeniem.**

2. Określenie ruchu.

Należy przedewszystkiem zdać sobie dokładnie sprawę z pojęcia ruchu. Ruch oznacza zmianę miejsca. Wielu z was słyszało zapewne, że ta stała ziemia, na której żyje-

my, niezaprzeczalnie porusza się nader szybko dokoła słońca; możemy jednak nie zwracać na to wcale uwagi. ponieważ ziemia, jakkolwiek porusza się nader szybko, unosi wraz z sobą nas wszystkich, i wskutek tego wszystko zachodzi tak samo spokojnie i łagodnie, jak gdyby ziemia pozostawała w spoczynku.

Gdy więc siedzę w pokoju na krześle, można powiedzieć, że pozostaję w spoczynku, gdy zaś chodzę po pokoju wzdłuż i wszerz, wówczas znajduję się w ruchu. Aby zrozumieć moje ruchy, musicie wiedzieć coś więcej nad to, że się poruszam: musicie znać **kierunek** mego ruchu, czyli **linię** wzdłuż której się poruszam, oraz **szybkość**, z jaką się poruszam. Powinniśmy dokładnie zrozumieć znaczenie tego wyrazu „szybkość". Przypuśćmy w tym celu, że wyszedłem z domu w pole i szedłem po prostej drodze wciąż w jednym kierunku w ciągu dwu lub trzech godzin. Jeżeli w ciągu godziny odeszedłem od domu na odległość pięciu kilometrów, a w ciągu dwu godzin na odległość dziesięciu kilometrów, mówimy, że szedłem z szybkością, wynoszącą pięć kilometrów na godzinę.

Lecz jak należy rozumować, gdy szybkość

nie jest wciąż jednakowa? Weźmy pod uwagę pociąg kolei żelaznej, który, zbliżając się do stacyi, poczyna zmniejszać swą szybkość. Przypuśćmy, że początkowo pociąg biegł z szybkością 50 kilometrów na godzinę; od chwili uważanej szybkość ta zmniejsza się coraz bardziej, aż wreszcie — po dojściu do stacyi — pociąg zatrzymuje się. W jaki sposób możemy znaleść jego szybkość, skoro się ona wciąż zmienia? Lub też, co należy rozumieć, mówiąc, że pociąg zanim począł zwalniać swój ruch, poruszał się z szybkością 50 kilometrów na godzinę? Należy to rozumieć wprost tak, że pociąg nasz, gdyby poruszał się w ciągu całej godziny z tą samą szybkością, jaką posiadał w chwili, gdy począł zwalniać swój ruch, wówczas w ciągu tej godziny przebiegłby 50 kilometrów. Gdyby to był pociąg kurjerski i, nie zatrzymując się na stacyi, biegł dalej, istotnie w ciągu godziny, począwszy od chwili, w której zaczęliśmy go rozważać, przebiegłby 50 kilometrów

Szybkość można oznaczać rozmaicie: czasem mówimy o szybkości, wynoszącej pewną liczbę kilometrów na godzinę, jak to było dopiero co; czasami jednak lepiej jest używać

metrów i sekundy. Gdy naprzykład wpuszczamy kamień do studni, należy mówić, że w pierwszej sekundzie kamień spada prawie pięć metrów na dół. Sześćdziesiąt sekund stanowi, jak wiadomo, minutę; sześćdziesiąt minut — godzinę.

W książeczce niniejszej, mówiąc o jakiejkolwiek szybkości, będziemy używać częściej metrów i sekundy, niż kilometrów i godziny. Powiemy, że ciało porusza się, z szybkością 5, 10, 20 metrów na sekundę, stosownie do rozważanego przypadku.

3. Określenie siły.

Co sprawia, że ciało dotychczas nieruchome zostaje wprawione w ruch? Lub też, co sprowadza ciało poprzednio poruszające się do stanu spoczynku? Sprawia to **siła**. Siła wprawia ciało w ruch, siła również (lecz działająca w kierunku przeciwnym) sprowadza je znów do stanu spoczynku. Powiemy jeszcze więcej: jeżeli potrzebną była siła wielka do wprawienia ciała w ruch, niezbędną jest również siła wielka by je znów zatrzymać. Przy grze w kręgle można ręką wprawić w ruch

kulę i znów ręką zatrzymać ją; lecz by sprawić toż samo z ciałem o bardzo wielkiej masie, naprzykład z pociągiem kolei żelaznej, niezbędną jest siła bardzo wielka. Wszystko, co można łatwo poruszyć, łatwo również można zatrzymać w ruchu, a co trudno poruszyć, trudno również zatrzymać. Widzicie więc, że siła działa nie tylko wówczas, gdy wprawia ciało w ruch, lecz także i wówczas, gdy sprowadza ciało do stanu spoczynku. Otóż **siłą nazywamy to, co sprawia zmianę stanu ciała, niezależnie od tego, czy jest to stan ruchu, czy też stan spoczynku.**

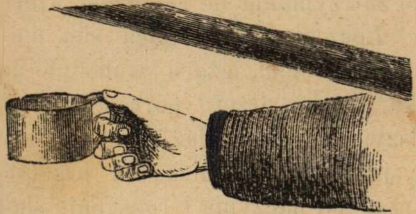


Fig. 1.

Doświadczenie I. Aby to objaśnić, weźmy cynowe naczynie z paru ziarnkami grochu na dnie i trzymajmy je w prawem ręku. Następnie podnośmy szybko w górę prawą rękę wraz z naczyniem, aż ręka zostanie zatrzy-

maną przez sztabę drewnianą, umieszczoną trochę wyżej (sztabę tę zastąpić może wyprężona lewa ręka). Oto cośmy sprawili: podnieśliśmy szybko w górę naczynie z grochem i raptownie je zatrzymali. Przedewszystkiem siłą naszej ręki nadaliśmy naczyniu ruch, skierowany w górę; naczynie zmusiło ziarnka grochu do poruszania się wraz z nim, bo przecież, rzecz oczywista, nie mogły one pozostać na swem miejscu. Później prawa ręka, utrzymująca naczynie, podczas szybkiego poruszania się w górę, została raptownie zatrzymana przez sztabę; sztaba więc zmusiła rękę do zatrzymania się, ręka znów zmusiła do zatrzymania się naczynie, które trzymała. Lecz ta zatrzymująca siła nie działa na ziarnka grochu, leżące swobodnie na dnie; ziarnka grochu przeto poruszają się w górę w dalszym ciągu, chociaż naczynie zatrzymało się już; wiele z nich też przelatuje po nad brzegami naczynia i rozsypuje się po podłodze.

Doświadczenie 2. Nasypmy znów cokolwiek grochu do naczynia, ponieważ ten, co był w nim poprzednio, wysypał się. Teraz zamiast poruszać naczynie szybko w górę, opuszczaj-

my je jak można najszybciej na dół. Siła ręki sprawia wprawdzie, że naczynie porusza się szybko na dół, lecz nie wywiera ona żadnego działania na ziarnka grochu, leżące swobodnie na dnie naczynia. Wskutek tego ziarnka grochu nie podążą za naczyniem, lecz pozostaną w tyle, aż wreszcie wszystkie spadną i rozsypią się po podłodze.

Zastanówmy się, czego nas nauczyły dwa przytoczone doświadczenia. Pierwsze doświadczenie wykazuje, że ziarnka grochu, wprawione w ruch, skierowany w górę, poruszają się w tym kierunku i wówczas, gdy naczynie zostało zatrzymane, ponieważ zatrzymująca siła sztaby nie działa na groch. Do powstrzymania ich ruchu, skierowanego do góry, niezbędną jest siła; sztaba drewniana tej siły nie wywarła, przeto poruszają się one w dalszym ciągu w górę, dopóki siła ziemi nie ściągnie ich na podłogę. Widzimy więc, że **do zatrzymania poruszającego się ciała niezbędną jest siła.**

W drugiem doświadczeniu wprawiliśmy naczynie w ruch skierowany z góry na dół. Lecz siła ręki, sprawiająca ten ruch, nie wywiera

działania na ziarnka grochu leżące swobodnie na dnie naczynia; pozostają one więc w stanie spoczynku i zatrzymują się po za naczyniem, aż wreszcie siła ziemi ściąga je na podłogę. Widzimy więc, że **do wprawienia w ruch ciała, znajdującego się w spoczynku, potrzebną jest siła.**

Siła przeto sprawiać może dwa działania: może zatrzymywać poruszające się ciało lub też wprawić w ruch ciało spoczywające. Widzimy jednak bardzo często, że siła, jakkolwiek działa, nie sprawia żadnego skutku. Od czegóż to zależy? Mówimy, że w takich razach przeszkadza temu druga siła tak samo wielka, lecz skierowana przeciwnie. Trzymam naprzykład jakiś ciężar w ręku; skoro go wypuszczę, działająca nań siła ziemi pociąga go szybko na podłogę. Siła ta jednak nie może być czynną, póki trzymamy ciężar w ręku. Albo też niechaj ten sam ciężar leży na stole. Gdyby stołu pod nim nie było, spadłby na podłogę; lecz siła ziemi, sprawiająca w nim dążenie do spadania, nie może teraz być czynną, gdyż stół temu przeszkadza. Ciężar wywiera na stół ciśnienie, stół zaś stawia temu ciśnieniu opór. Mamy więc tu dwie siły, dzia-

łające wprost przeciwnie; jedną z nich jest ciężar, drugą opierającą się mu siła stołu.

Ze wszystkich tych przykładów poznajemy, że siłą jest to, co sprawia zmianę stanu spoczynku lub ruchu ciała, lecz że bardzo często siła zostaje zniszczona przez równą jej lecz skierowaną przeciwnie siłę i wskutek tego nie jest w stanie sprawić żadnego działania.

Najważniejsze siły przyrody.

4. Określenie ciężkości.

Poznaliśmy już, co oznacza wyraz „siła"; przejdziemy teraz do rozważania najważniejszych sił, z jakiemi mamy zwykle do czynienia, do rozpoznania jakie one posiadają znaczenie i jaką nam korzyść przynoszą. Najważniejszą siłą jest przyciąganie ziemi. Gdy wypuścimy z ręki jakikolwiek ciężki przedmiot, wiemy, gdzie go później szukać należy; wiemy że nie poleci on do nieba, ani gdzieś w bok w żadnym kierunku, lecz że spadnie na podłogę albo na ziemię.

Spada on na dół, jak mówimy; otóż właśnie dwa te wyrażenia **do góry** i **na dół** pozostają w zależności od siły ziemi. Gdyby ziemia nie wywierała siły przyciągającej, wyrażeń tych nie używalibyśmy wcale. Wyrażenie „do góry" oznacza kierunek ciężkiego dla nas ruchu przeciwnego sile ziemi, wyrażenie zaś „na dół" oznacza kierunek łatwego dla nas ruchu zgodnego z siłą ziemi. Ciężko wspinać się na górę, lecz bardzo łatwo schodzić z niej.

Chociaż ziemia przyciąga ciała, nie wynika stąd jeszcze by wszystkie, lub prawie wszystkie ciała, jakie widzimy, poruszały się ku ziemi. My nie spadamy i wcale nie życzymy sobie tego. Dlaczegóż nie spadamy? Ponieważ stoimy na podłodze; gdyby podłoga się z pod nas usunęła, spadlibyśmy aż do powierzchni ziemi; podłoga powinna być dość mocna, by utrzymała nasz ciężar, gdyż w przeciwnym razie załamałaby się i spadalibyśmy. Zdarza się niekiedy, że drewniana podłoga lub pomost przepełniony załamuje się; ludzie spadają wówczas na ziemię, a wielu z nich przepłaca ten wypadek życiem lub ulega poważnemu kalectwu.

Widzimy więc, że ziemia przyciąga do sie-

bie wszystko; jednak najwięcej ciał przez nas widzianych nie porusza się ku ziemi, ponieważ są one podtrzymywane przez coś innego, co jest zdolne stawiać opór ich ciężarowi. Własność ciał zwana ciężarem zależy przeto od przyciągania ziemi.

Siła, jaką wywiera ziemia, nazywa się **ciężkością.**

5. Określenie spójności.

Prócz siły, wywieranej przez ziemię, istnieją jeszcze inne siły. Usiłując rozerwać kawałek struny lub drutu, spostrzegamy, że wywiera on pewną siłę, stawiającą opór naszym usiłowaniom. Tylko w tym razie, gdy siła przez nas wywierana jest większa od siły, jaką nam drut przeciwstawi, rozrywa się on. Pojedyncze części czyli cząsteczki drutu są utrzymywane razem przez siłę, stawiającą opór wszelkim usiłowaniom, skierowanym do ich rozdzielenia. Toż samo zachodzi z różnemi częściami, czyli cząsteczkami wszystkich ciał stałych, jako to: drzewa, kamienia, metalu i t. d. Bywa często bardzo trudno złamać, zgiąć lub utłuc na proch jakiś przed-

miot, lub w ogóle w jakikolwiek sposób zmienić jego kształt lub objętość. Siła która wiąże razem różne cząsteczki ciała nazywa się **spójnością.**

Rozpoznajemy odrazu różnicę, jaka zachodzi pomiędzy ciężkością i spójnością. Ciężkość jest to siła, z jaką ziemia przyciąga ku sobie ciała i która działa na odległości nawet bardzo wielkiej, tak że naprzykład księżyc, oddalony od ziemi o 52000 mil niemal, jest przez nią przyciągany. Spójność zaś jest to siła, z jaką działają na siebie sąsiednie cząsteczki ciała i dzięki której utrzymują się razem; lecz siła ta działa tylko wówczas, gdy cząsteczki znajdują się obok siebie bardzo blizko. Gdyż jeżeli jakikolwiek przedmiot połamiemy lub utłuczemy na proch, nie łatwo już doprowadzić cząsteczki do ponownego połączenia się.

6. Określenie powinowactwa chemicznego.

Prócz tych dwóch sił istnieje jeszcze siła **przyciągania** lub **powinowactwa chemicznego** Uczyliśmy się w chemii (Roscoe str. 14 ust. 4), że węgiel i tlen łączą się che-

micznie, i że przez ich połączenie się powstaje kwas węglany. Węgiel i tlen są pociągane ku sobie przez siłę, z jaką na siebie działają, tak samo jak kamień jest przyciągany ku ziemi. Dzięki tej sile dążą one ku sobie i łączą się, a przez ich połączenie powstaje coś zupełnie różnego od nich obu. Siłę tę nazywamy przyciąganiem chemicznem; posiada ona tę osobliwość, że bywa czynną tylko pomiędzy ciałami różnorodnemi, gdyż przy połączeniach chemicznych dążą ku sobie w taki sposób i łączą się tylko ciała o różnych własnościach.

7. Pożytek tych sił.

Gdyśmy już poznali choć pobieżnie najważniejsze siły przyrody, postarajmy się wytłomaczyć sobie jasno, jakie znaczenie one posiadają i poco w ogóle one istnieją; przekonamy się odrazu, że źle by się nam działo, gdyby nie istniały. Przypuśćmy, że ciężkość nie istnieje, i że ziemia nie przyciąga ciał ku sobie. Podczas wchodzenia na stromą górę myślimy czasami, że byłoby to bardzo przyjemne, gdybyśmy mogli z takąż samą łatwością wchodzić na górę, z jaką schodzimy

z niej. Jak gorąco pragnęlibyśmy, by ciężkość nie istniała! A jednak byłoby to dla nas strasznem nieszczęściem, gdyby któryś z duchów, o jakich czytamy w bajkach, spełnił natychmiast to nasze życzenie. Gdyby ciężkość nie istniała, nie posiadalibyśmy ciężaru i istotnie moglibyśmy z wielką łatwością wchodzić na górę; lecz gdybyśmy skoczyli w powietrze, pozostalibyśmy w nim zawieszeni i, prawdopodobnie, moglibyśmy wówczas nawet na zawsze opuścić tę ziemię. Część naszych mebli mieściła by się na dachu, część na ziemi, reszta fruwałaby po powietrzu; dla nas byłby jednakowo wygodnym spacer po dachach i po podłodze. Ponieważ księżyc nie byłby wówczas niczem związany z ziemią. opuściłby nas na zawsze; w ten sam sposób i ziemia, ponieważ nie byłaby przyciągana przez słońce, opuściłaby je i podążyła pomiędzy gwiazdy.

Tyle co do ciężkości. Zobaczmy teraz, coby to było, gdyby spójność nie istniała. Gdyby tej siły nie było, cząsteczki ciał stałych nie utrzymywałyby się razem, i ciała rozpadłyby się na kawałki, a nawet raczej rozsypałyby się na proch. Drzewo w naszych sto-

łach i krzesłach rozsypałoby się na proch, i nie mielibyśmy mebli. Toż samo stałoby się z murami domów, nie mielibyśmy więc domów. My sami również rozpadlibyśmy się, tak że w końcu wszystkie przedmioty zamieniłyby się na olbrzymią masę pyłu.

Wreszcie zdajmy sobie sprawę z tego, coby to było, gdyby powinowactwo chemiczne nie istniało. Przedewszystkiem ogień przestałby się palić, ponieważ węgiel nie łączyłby się z tlenem powietrza. Następnie żadne dwa ciała proste nie łączyłyby się dla utworzenia ciała złożonego; ciała złożone nie istniałyby więc wcale, istniałoby tylko około 70 pierwiastków, mianowicie wiele metali i niewiele gazów. W takim świecie nie byłoby żadnych przemian, nie byłoby życia; wszak nasze własne ciała są złożone, i gdyby powinowactwo (przyciąganie) chemiczne znikło, część ich uszłaby w powietrze i zmięszała się z niem, reszta, składająca się z węgla, niewielkiej ilości fosforu i jednego czy dwu metali, opadłaby na ziemię. Taki byłby nasz kres.

Jak działa ciężkość.

8. Środek ciężkości

Doświadczenie 3. Przystąpmy do bliższego zbadania siły ciężkości. W tym celu weźmy niekształtny, płaski kawałek blachy żelaznej

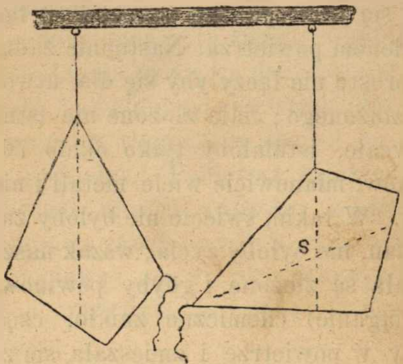


Fig. 2.

i zawieśmy go na nitce. Widzimy, że zwiesza się on w pewien określony sposób, i kreska, narysowana poprzednio białą farbą na blasze, posiada kierunek jednakowy z nitką.

Zawieśmy następnie blachę swobodnie za inny punkt; teraz inna kreska stanowi przedłużenie nitki; widzimy nadto, że obie kreski przecinają się w punkcie, oznaczonym głoską *S*.

Zawieśmy wreszcie blachę naszą za jakikolwiek trzeci punkt, obrany na jej brzegu, i przeciągnijmy na niej kreskę, stanowiącą przedłużenie nitki. Dostrzegamy, że wszystkie trzy kreski przecinają się w jednym punkcie *S*. Jeżeli jeszcze raz zawiesimy blachę swobodnie na nitce za jakiś czwarty punkt i przeciągniemy na niej kreskę w przedłużeniu nici, przekonamy się, że wszystkie kreski przecinają się w tym samym punkcie *S*, i że punkt ten znajduje się zawsze dokładnie pod punktem, w którym blacha została zawieszona; nawet gdy odchylimy blachę na bok, powróci ona do swego poprzedniego położenia. Cóż oznacza ten szczególny punkt *S*? Aby nato pytanie odpowiedzieć, przymocujmy nitkę do blachy w tym właśnie punkcie *S* i zawieśmy ją na tej nici. Blacha teraz pozostaje w równowadze niezależnie od tego, jak wisi, jak gdyby cały jej ciężar był skupiony w tym jednym punkcie *S*. Punkt *S* nazywa się **środkiem**

ciężkości blachy. Jeżeli zawiesimy blachę swobodnie na nitce, jak widzimy na Fig. 2, przybiera ona zawsze takie położenie, przy którem jej środek ciężkości znajduje się jak można najniżej. Jeżeli zamiast wieszać na nitce, zawiesimy naszą blachę swobodnie na gwoździu (Fig. 3), w tym razie również punkt *S* usiłuje zająć możliwie najniższe położenie;

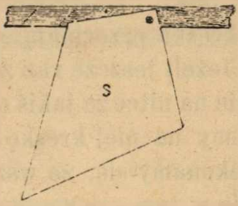


Fig. 3.

wskutek tego blacha nie może wisieć tak, jak to widzimy na Fig. 3, lecz jej środek ciężkości musi się znajdować na jednej pionowej linii z gwoździem. Środek ciężkości jest to punkt, w którym, można powiedzieć, jest skupiony i działa całkowity ciężar ciała. Z powodu przyciągania ziemi każde ciało zajmuje, rzecz oczywista, możliwie najniższe położenie, czyli, mówiąc dokładniej, jego **środek ciężkości** zajmuje możliwie najniższe położenie.

9. Waga.

Każde ciało posiada taki punkt *S*, zwany jego środkiem ciężkości. Waga (Fig. 12 str. 45) posiada również, jak każde inne ciało, swój punkt *S*, swój środek ciężkości i tak samo, jak blacha żelazna w poprzedniem doświadczeniu, usiłuje zająć takie położenie, by punkt ten znajdował się możliwie najniżej.

Gdy na obu talerzykach czyli szalkach wagi leżą ciężary jednakowe, wówczas punkt *S*, w którym możemy sobie wystawić skupionym cały ciężar wagi, znajduje się dokładnie pod punktem, dokoła którego waga waha się, i jeżeli wychylimy wagę z tego położenia, pozostawiona samej sobie powróci ona z powrotem do swego poprzedniego położenia. W ogóle zachowa ona wciąż toż samo położenie, skoro tylko ciężary na obu szalkach są jednakowe; wówczas wskazówka stoi dokładnie na środku. Jeżeli chcemy więc zważyć jakieś ciało, kładziemy je na jedną szalkę, a na drugą nakładamy znane ciężarki dopóty, aż wskazówka stanie na środku; i wówczas możemy być pewni, że ciężarki na jednej szalce, równają się

dokładnie ciężarowi ciała, umieszczonego na drugiej szalce. Gdy weźmiemy zbyt mało ciężarków, przeważający ciężar ciała przechyli belkę wagi na swoją stronę; jeżeli zaś ciężarki są zbyt ciężkie, wówczas przeważające ich działanie przechyli belkę wagi wraz ze wskazówką w przeciwną stronę.

Doświadczenie 4. Połóżmy kawałek metalu na jedną szalkę, a 15 gramów na drugą; szalka zawierająca nasz kawałek metalu opuszcza się na dół; wykazuje to, że wzięty kawałek metalu jest cięższy, niż 15 gramów. Połóżmy na drugą szalkę 25 gramów; teraz znów 25 gramów są zbyt ciężkie, i szalka, na której leżą, opuszcza się na dół, przedtem zaś opuszczała się druga szalka. A więc poszukiwany ciężar naszego kawałka metalu jest zawarty pomiędzy 15 i 25 gramami. Porównajmy go z 20 gramami; teraz wskazówka stoi dokładnie po środku, a belka wagi jest zupełnie pozioma. Przeto ciężar wziętego do doświadczenia kawałka metalu wynosi 20 gramów.

Trzy stany skupienia.

10. Z poprzedniego wiemy już. że nie moglibyśmy obyć się bez różnych sił przyrody, i że gdyby cząsteczki materyi nie przyciągały się wzajemnie, świat w ogóle nie mógłby istnieć. Wiemy też, że, gdyby nie było spójności, wszystko zamieniłoby się w pył. Jednak, gdyby wszystkie ciała posiadały spójność w stopniu wysokim, byłoby również źle, ponieważ wówczas nie mielibyśmy ani cieczy, ani gazów, ani wody, ani powietrza.

Cząsteczki sztaby żelaznej lub stalowej posiadają spójność bardzo wielką; bardzo też trudno rozdzielić jedną od drugiej. Lecz woda i rtęć nie mają prawie żadnej spójności; najsłabsze też ciśnienie rozpędza wodę lub rtęć we wszystkich kierunkach. Że jednak te obie ciecze posiadają pewną spójność, widać to z następujących doświadczeń.

Doświadczenie 5. Bardzo małą ilość rtęci wylejmy z butelki na płaską powierzchnię szklaną. Przez ciśnienie można ją rozbić na drobne kulki. Kulki te nastręczają nam do-

wód, że cząsteczki cieczy lgną do siebie; połóżmy bowiem na te kropelki szklaną płytkę i naciskając spłaszczmy je: skoro tylko odejmiemy płytkę, drobne te krople rtęci przyjmują znów pierwotną swą postać kulistą.

Doświadczenie 6. Puśćmy kilka kropel wody na jakąkolwiek naoliwioną lub zatłuszczoną płaszczyznę; dostrzeżemy, że przyjmują one postać zaokrągloną, podobną do postaci kropel rtęci, co wykazuje, że cząsteczki wody lgną do siebie.

Cząsteczki gazów natomiast, naprzykład powietrza, którem oddychamy, nie posiadają dążności do utrzymywania się razem, lecz raczej, odwrotnie, oddalają się jedna od drugiej, skoro tylko żadna siła temu nie przeszkadza.

Mamy przeto, jak widzimy, trzy odrębne stany skupienia materyi: stan **stały, ciekły** i **gazowy.** Każdy stan skupienia posiada pewne cechy, po których go od innych stanów odróżnić można.

II. Określenie ciał stałych.

Ciało stałe, naprzykład kawałek żelaza lub drzewa, opiera się każdemu usiłowaniu, skie-

rowanemu do zmiany jego kształtu lub objętości; zachowuje ono zawsze tę samą objętość i ten sam kształt, chyba że gwałtownie je zmienić chcemy.

12. Określenie ciał ciekłych.

Ciecz, naprzykład woda, umieszczona w butelce lub jakimkolwiek innem naczyniu, układa się tak, że swobodna powierzchnia jej jest pozioma, lecz zachowuje zawsze swą zupełnie określoną objętość. Nie możemy na żaden sposób pomieścić litra wody w naczyniu półlitrowem. A więc ciecz zachowuje swą objętość, lecz z łatwością ulega zmianie kształtu.

13. Określenie ciał gazowych.

Gaz nie posiada swobodnej powierzchni. Jeżeli wpuścimy pewną ilość jakiegoś gazu do zupełnie próżnego naczynia, gaz wypełni całe naczynie. Gaz nie usiłuje tak mocno, jak ciecz, zachować swej objętości; przy użyciu odpowiedniej siły tę ilość gazu, która wypełniała naczynie litrowe, sprowadzić można

do objętości półlitrowej, a nawet mniejszej. Gaz więc można zmusić do zajmowania mniejszej przestrzeni, z cieczą zaś tego sprawić niepodobna.

Własności ciał stałych.

14. Cecha charakterystyczna ciała stałego polega na tem, że zachowuje ono nie tylko swą oznaczoną objętość, lecz także swój oznaczony kształt.

Doświadczenie 7. Na fig. 4 (u góry) widzimy dwa naczynia **różnego kształtu,** lecz **jednakowej objętości.** Jeżeli napełnimy jedno z nich do wierzchu wodą i przelejemy ją następnie w drugie naczynie, przekonamy się, że zostanie ono również napełnione całkowicie.

Widzimy tu też (u dołu) dwa kawałki drzewa **jednakowego kształtu;** lecz jeden z nich jest o wiele większy od drugiego: **objętości ich są różne.**

Przykłady te nauczają nas, co rozumieć należy pod wyrazem wielkość, zawartość lub

objętość (te trzy wyrazy oznaczają toż samo), a co pod wyrazem kształt lub postać. Ciało stałe, posiadające kształt jednego naczynia, nie można zmusić do przybrania kształtu innego naczynia, jakkolwiek zawartość obu naczyń jest jednakowa. Tak samo ciało stałe o objętości jednego drewnianego klocka nie mo-

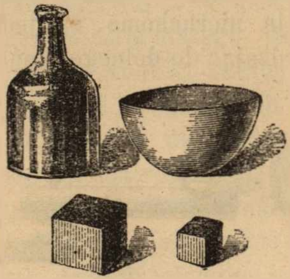


Fig. 4.

żna za pomocą ściskania doprowadzić do objętości mniejszego klocka, jakkolwiek kształt obu klocków jest jednakowy. Ciało stałe doskonale zachowuje swój kształt i swą objętość.

Gdy mówimy, dodać należy, że czegoś sprawić nie jesteśmy w stanie, przypuszczamy tylko, że nie możemy tego sprawić bez wielkie-

go wysiłku, a nawet i wówczas nie w zupełności, lecz zaledwie w bardzo nieznacznym stopniu; szereg prostych doświadczeń wytłumaczy nam najlepiej, jak to rozumieć należy.

Doświadczenie 8. Weźmy żelazną sztabę; usiłujmy przedewszystkiem rozbić ją na kawałki przez uderzenie; przekonamy się, że rozbić się nie daje. Usiłujmy rozciągnąć ją, wieszając ją nieruchomo za jeden koniec i przytwierdzając do dolnego końca jakikol-

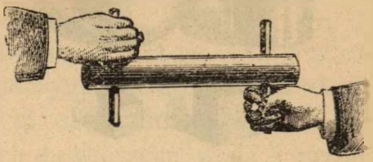


Fig. 5.

wiek wielki ciężar; sztaba rozciągnąć się nie daje. Sprobujmy teraz za pomocą dwu prętów, przesuniętych przez otwory, wywiercone na końcach sztaby, jak to widzimy na rysunku (Fig. 5), trzymając mocno jeden pręt, zakręcić drugi koniec sztaby; sztaba skręcić się nie daje. Ustawmy ją pionowo na stole i nałóżmy na nią jakikolwiek wielki ciężar,

aby się przekonać, czy nie uda się nam ścisnąć jej; sztaba ścisnąć się nie daje. Wreszcie zawieśmy ją poziomo za dwa końce i umieśćmy na środku jej ciężar; dostrzegamy odrazu, że się nie gnie.

Ta sztaba żelazna, której nie można ani rozbić przez uderzenie, ani rozciągnąć, ani skręcić, ani ścisnąć, ani zgiąć, jest bardzo dobrym przykładem ciała stałego. Jednak przy użyciu siły bardzo wielkiej sztabę tę można rozciągnąć, skręcić, ścisnąć, lub też zgiąć. Właściwie mówiąc, w doświadczeniach powyższych została ona rozciągnięta, skręcona, ściśnięta i zgięta, lecz nie tak znacznie, byśmy to dostrzedz mogli. Jak mocno rozciągnęliśmy, skręcili, ścisnęli lub zgięli sztabę — zależy to w każdym przypadku od wielkości użytej do tego siły. Zadanie fizyki polega właśnie na wykryciu zależności pomiędzy siłą a działaniami, przez nią sprawionemi. Zbyt wiele czasu zajęłoby opisywanie tu wszystkiego, co o tem powiedzieć można; my rozważymy tylko jedno działanie, naprzykład zginanie, i będziemy usiłowali dowiedzieć się, jak to działanie zależy od wielkości użytej siły.

15. Zginanie.

Doświadczenie 9. W tym celu oprzyjmy drewnianą belkę na dwu jej końcach tak, by pozostawała poziomą, zawieśmy w środku jej dość wielki ciężar i wymierzmy na skali, o ile środek belki został przez ten ciężar pociągnięty na dół. Powiększamy ciężar, wiszący po środku belki, dwa razy i dostrzegamy nowe położenie środka belki, jakie on zajął pod działaniem tego powiększonego ciężaru; przekonamy się, że pod działaniem podwójnego ciężaru środek belki został pociągnięty na dół prawie dwa razy tyle, co pod działaniem ciężaru mniejszego, czyli, że **zginanie jest prawie proporcyonalne do użytego ciężaru.**

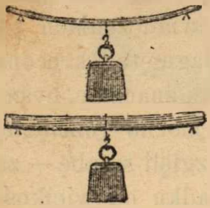


Fig. 6.

Doświadczenie 10. Umieśćmy tę samą belkę tak, by jej węższa strona znajdowała się na górze i na dole, czyli, jak to mówią, na

boku*) (fig. 6 na dole). Zawieszając na niej te same ciężary co i przedtem, przekonamy się, że teraz belka zgina się daleko mniej, niż poprzednio.

16. Wytrzymałość materyałów.

Budowniczy lub inżynier, używając przy wznoszeniu budowli wielkich drewnianych belek, korzysta, rzecz oczywista, z ich wytrzymałości w najlepszy sposób, kładąc je na boku; gdyż położone na boku poddają się one wielkim ciężarom daleko mniej.

Budowniczy lub inżynier powinien znać biegle wytrzymałość materyałów oraz sposoby, jak je umieszczać należy, aby uzyskać możliwie największą trwałość, przy niewielkiem możliwie zużyciu materyałów; w ogóle powinien on wiedzieć, jak zużytkować najlepiej posiadaną ilość drzewa lub żelaza.

Prócz tego budowniczy lub inżynier powinien pamiętać o tem, aby jego dom lub most był w stanie utrzymać ciężar pięć lub sześć

---

*) W doświadczeniu poprzedniem belka spoczywała na podporach stroną szerszą. czyli, jak mówią, była położona na płask. *(Przyp. tłum.)*

razy większy od najcięższego z tych, jakie się na nim umieszcza. Budynek może być czasami dość mocny, by utrzymał wielki ciężar na podłodze bez załamania się jej, lub też most może być dość mocny, by wytrzymał, nie załamując się, przejazd długiego pociągu; lecz podłoga w budynku może przy tem wygiąć się tak, że po usunięciu z niej ciężaru nie powróci już ściśle do pierwotnego kształtu, lub też most może zgiąć się tak znacznie, że również nie powróci do poprzedniego kształtu. A wówczas podłoga za każdą razą, gdy się na niej umieści ciężar, a most po każdym przejeździe pociągu, będą się osłabiać coraz bardziej; poczną się wyginać coraz bardziej, aż wreszcie załamują się. Budowniczy lub inżynier powinien baczyć, by jego belki nie uginały się po za tę granicę, za którą powrót do kształtu pierwotnego po zdjęciu ciężaru jest już niemożliwy.

17. Tarcie.

Nim opuścimy ciała stałe, opowiemy jeszcze cokolwiek o **tarciu.** Połóżmy na stole jakiś wielki ciężar; do przesuwania go po stole nie-

zbędną jest siła bardzo wielka. Na stole nie drewnianym, lecz marmurowym do przesuwania tego ciężaru wystarcza siła znacznie mniejsza; a jeżeli położyć ciężar na tafli szklanej, można go wówczas przesuwać siłą jeszcze mniejszą. Otóż siła, sprawiająca, że trudno jest przesuwać wielki ciężar, nazywa się siłą tarcia.

Bez tarcia działoby się nam tak samo źle, jak i bez innych sił; gdyby nie było tarcia, chodzilibyśmy zawsze jak po lodzie; na najmniejszej nawet pochyłości nic by się utrzymać nie mogło i ześlizgiwałoby się na dół.

Własności cieczy.

18. Objętość ich jest niezmienna.

Cząsteczki cieczy, naprzykład wody, możemy z wielką łatwością przesuwać w tę lub ową stronę, lecz nie możemy wcale zmniejszyć objętości pewnej masy wody, naprzykład sprawić, by litr wody pomieścił się we flaszce półlitrowej.

Doświadczenie 11. Sprobujmy jednak to uczynić i zobaczmy, co zajdzie; w ogóle zawsze, kiedy tylko można, należy radzić się doświadczenia. Nalewamy wody do naczynia i zatykamy je szczelnie tłokiem. Usiłujmy teraz wepchnąć tłok głębiej i przez to zmusić wodę do zmniejszenia objętości; w tym celu połóżmy na tłok jakiś wielki ciężar. Przekonamy się jednak, że woda ścisnąć się nie daje.

19. Ciecze roznoszą ciśnienie.

Doświadczenie 12. Wyobraźmy sobie pewną masę wody, zawartą w naczyniu z dwoma tłokami, zamykającymi naczynie szczelnie (fig. 7). Jeżeli jeden tłok wpychamy na dół, zmuszamy przez to drugi tłok do podnoszenia się w górę. Jeżeli na jeden tłok położymy ciężar 10-ciofuntowy i takiż sam ciężar położymy na drugi tłok, wówczas tłoki równoważą się zupełnie i żaden z nich nie porusza się.

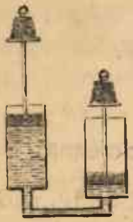


Fig. 7.

Doświadczenie 13. W poprzedniem doświad-

czeniu oba tłoki stały pionowo (fig. 7); przypuśćmy teraz, że jeden tłok jest umieszczony pionowo, drugi zaś poziomo; niechaj na tłok poziomy działa siła, równa ciężarowi dziesięciu funtów. Jeżeli teraz umieścimy na tłoku pionowym ciężar dziesięciofuntowy, zrównoważymy przez to siłę dziesięciofuntową, działającą na tłok poziomy. Lecz jeżeli na tłoku pionowym położymy 12 funtów, wówczas tłok poziomy zostanie wypchnięty na zewnątrz. Tak samo tłok pionowy zostanie wypchnięty w górę, jeżeli na tłok poziomy działać będzie siła dwunastofuntowa. W taki sposób możemy za pośrednictwem wody ciśnienie dziesięciu funtów na tłok pionowy, skierowane na dół, zamienić na takie samo ciśnienie poziome na drugi tłok, skierowane na zewnątrz. Widzimy więc, że ciecz, jak naprzykład woda, roznosi ciśnienie na wszystkie strony. Dostrzegł to po raz pierwszy Pascal.

Doświadczenie 14. Do tego doświadczenia potrzebne są dwa tłoki o różnej powierzchni; niechaj powierzchnia jednego będzie dwa razy większa, aniżeli drugiego. Jeżeli umieścimy 10 funtów na mniejszym tłoku, 10 funtów położonych na tłok większy, nie zrównoważy

ich; należy na tłoku większym umieścić 20 funtów, aby 10 funtów, leżących na tłoku mniejszym, zostały zrównoważone. Tak samo znajdziemy, że jeżeli powierzchnia tłoka większego jest trzy razy większa od powierzchni tłoka małego, wówczas równoważą się wzajemnie 10 funtów na tłoku mniejszym z 30 funtami na tłoku większym. A więc ciśnienie skierowane na dół na jeden tłok nie tylko że sprawia ciśnienie skierowane do góry na drugi tłok, lecz prócz tego całkowite ciśnienie skierowane do góry, jest proporcyonalnie względem powierzchni tłoka; jeżeli powierzchnia jednego tłoka jest trzy razy większa od powierzchni drugiego, będzie on wypychany w górę przez ciśnienie również trzy razy większe i t. d.

20. Prasa hydrauliczna.

Ta bardzo ważna własność wody znalazła zastosowanie w nader silnej machinie, zwanej prasą hydrauliczną, lub, według nazwiska wynalazcy, prasą Brahmy. Załączony rysunek przedstawia główne szczegóły jej urządzenia (fig. 8). Widzimy tu dwie paki bawełny, które należy bardzo mocno ścisnąć, by zajmowa-

ły możliwie mało miejsca, gdy się je przesyła z jednego kraju lub miejscowości do innego. Widzimy również dwa tłoki, wielki i mały powierzchnia tłoka wielkiego jest sto razy większa od powierzchni małego tłoka. Jeżeli więc na małym tłoku położymy jedną tonnę*),

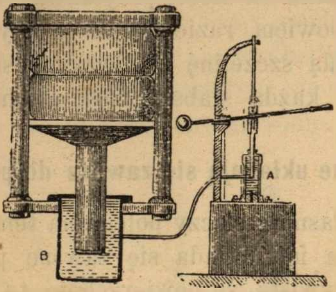


Fig. 8.

na tłoku wielkim umieścić należy ciężar o wiele większy, chcąc go utrzymać na miejscu, ponieważ powierzchnia jego jest sto razy większa, aniżeli powierzchnia tłoka małego. Na tłoku większym położyć należy 100 tonn, by zrównoważyć jedną tonnę, leżącą na tłoku małym. Przeto przy obciążeniu tłoka małego

*) Tonna = 1000 kilogramów. *(Przyp. tłum.)*

jedną tonną tłok wielki będzie się podnosił w górę z olbrzymią siłą, równą ciężarowi 100 tonn, i będzie ściskał z taką siłą paki bawełny; wskutek tego zostaną one ściśnięte bardzo mocno. W takiej machinie, rzecz oczywista, wszystkie części powinny być bardzo mocne i szczelnie do siebie przystawać; w przeciwnym bowiem razie woda wytryskałaby przez każdą szczelinę z olbrzymią siłą i niszczyłaby każdą słabszą część machiny.

21. Ciecze układają się zawsze do poziomu.

Inna własność cieczy polega na tem, że powierzchnia ich układa się zawsze poziomo. Rzecz oczywista, że powierzchnia ta nie może być ukośną, gdyż wówczas części umieszczone wyżej, a nie powstrzymywane przez tarcie,ześliznęłyby się na dół. Jeometra powie nam, że pion ołowiany, zawieszony nad powierzchnią wody, jest ku niej prostopadły, to znaczy, że zwiesza się nie w jakimś ukośnym względem tej powierzchni kierunku, lecz w kierunku ku niej prostopadłym. Sprawdzić to można przez bardzo proste doświadczenie.

Doświadczenie 15. Wylejmy wszystką rtęć

z butelki do płaskiego naczynia; jeżeli naczynie to umieścimy na płaszczyznie poziomej, rtęć pokryje dno zupełnie. Zawieśmy nad naczyniem pion. Dostrzegamy, że obraz pionu, powstały przez odbicie w rtęci, i sam pion posiadają ten sam kierunek. Wynika stąd, że pion nie jest pochylony względem powierzchni rtęci, gdyż wówczas obraz pionu w rtęci i sam pion nie ułożyłyby się wzdłuż jednej linii prostej, lecz przedstawiałyby się nam jako dwie linie proste pochylone ku sobie.

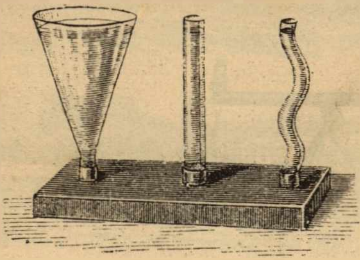


Fig. 9.

Doświadczenie 16. Ciecz nawet w tym razie, gdy jest zawarta w zgiętych rurkach, stoi zawsze w rurce lewej na tej samej wysokości, co i prawej, niezależnie od kształtu rurki.

Aby to wykazać, wystarcza napełnić wodą kilka rurek różnego kształtu, połączonych razem*) (fig. 9). Woda we wszystkich rurkach stanie na jednakowej wysokości, czyli na jednym poziomie.

22. Waga poziomowania.

Teraz możemy przejść do opisu przyrządu, zwanego wagą poziomowania, który jest przedstawiony na rysunku (fig. 10). Jeżeli

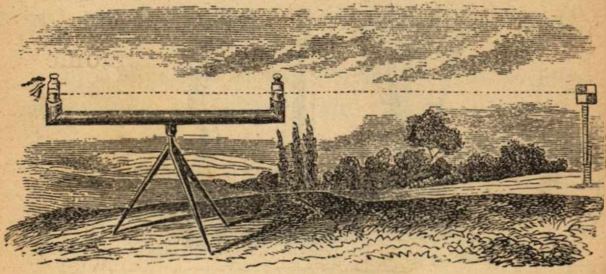


Fig. 10.

umieścimy oko na jednej linii prostej z powierzchnią wody w obu ramionach rurki, wów-

*) W przyrządzie, przedstawionym na fig. 9, rurka łącząca rurki pionowe jest ukryta w desce, stanowiącej podstawę przyrządu. *(Przyp. tłum).*

czas możemy być pewni, że patrzymy wzdłuż linii poziomej, i że wszystkie punkty, jakie na tej linii widzimy, znajdują się na jednym poziomie, tak że podczas powodzi woda doszłaby do wszystkich tych punktów jednocześnie.

Czasem potrzeba wiedzieć, jakie punkty znajdują się na jednym poziomie. Musi wiedzieć o tem ten, kto buduje kanał lub kolej żelazną; w tym celu posługuje się on opisanym dopiero co przyrządem. Zwykle bywa on napełniony spirytusem; wówczas nazywa się **wagą poziomowania spirytusową**; opisany przez nas nazywa się **wagą poziomowania wodną**.

23. Ciśnienie wewnątrz cieczy.

Weźmy dość głębokie naczynie, napełnione wodą. Jest rzeczą oczywistą, że ciężar wierzchnich warstw wody ciśnie na warstwy, leżące blizko dna, a więc ciśnienie na jakąś warstwę jest tem większe, im głębiej pod powierzchnią wody ta warstwa leży. Na warstwę, leżącą na głębokości dwu decymetrów od powierzchni, ciśnie dwa razy tyle wody, co na warstwę, leżącą na głębokości jednego decymetra;

czyli, innemi słowy, **ciśnienie jest proporcyonalne do głębokości.**

Doświadczenie 17. Ciśnienie to działa we wszystkich kierunkach tak samo na dół, jak do góry i w bok. Aby to wykazać, napełnijmy wysokie naczynie prawie do wierzchu wodą i wyciągnijmy korek, zatykający otwór w bocznej ściance blizko pod powierzchnią wody. Woda przez działające na nią ciśnienie będzie wypychana na zewnątrz, niezbyt jednak mocno. Lecz jeżeli wyciągniemy korek, umieszczony blizko dna, wówczas z powodu wielkiego ciężaru wody, znajdującej się wyżej, ciśnienie jest o wiele większe, i woda wytryska gwałtownie. Tyle o ciśnieniu bocznem. Postarajmy się wykazać, że istnieje też ciśnienie, skierowane do góry. Weźmy w tym celu tak zwany walec, t. j. szeroką rurkę bez dna i wierzchu. Umieśćmy pod nim osobne denko z przytwierdzonym do niego sznurkiem, który przechodzi przez walec; za

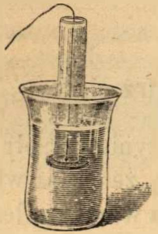


Fig. 11.

pomocą tego sznurka można denko przycisnąć do dolnego brzegu walca i w taki sposób zakryć go z dołu. Przytrzymując denko za sznurek opuśćmy walec pod powierzchnię wody, nalanej w szersze naczynie; możemy teraz sznurek puścić, a denko mimo to nie odpada, ponieważ jest utrzymywane przez ciśnienie wody, skierowane do góry, czyli przez parcie wody. Nalejmy do cylindra wody zabarwionej na niebiesko; denko trzyma się jeszcze i odpada dopiero wówczas, gdy woda wewnątrz walca dojdzie prawie do tej samej wysokości, do jakiej jest nalana w szerszem naczyniu, ponieważ w tym razie ciśnienie na zewnętrzną stronę wolnego denka skierowane do góry zostaje zrównoważone przez skierowane na dół ciśnienie wody zabarwionej na wewnętrzną jego stronę.

24. Parcie wody.

Postarajmy się zdać sobie dokładnie sprawę z parcia; w tym celu przeprowadźmy kilka doświadczeń.

Doświadczenie 18. Przyprowadźmy przedewszystkiem do porządku naszą wagę, o któ-

rej była już mowa poprzednio (str. 21), Bierzemy ciało, które waży 100 gramów, jeżeli jest ważone w powietrzu. Zawieśmy to ciało na prawej szalce i zważmy go w wodzie. Cóż się okaże? Otóż przekonamy się, że zachowuje się ono tak, jak gdyby wcale nie miało ciężaru, i że na prawą szalkę należy położyć 100 gramów czyli całkowity ciężar danego ciała, aby ta szalka równoważyła szalkę lewą.

Doświadczenie 19. Czy należy sądzić, że dane ciało w zupełności utraciło swój ciężar w wodzie? Doświadczenie nauczy nas, czy rzecz ma się tak, czy też inaczej. Umieśćmy na jednej szalce wagi naczynie napełnione wodą i, nakładając ciężarki na drugą szalkę, sprowadźmy wagę do równowagi. Następnie opuśćmy w wodę nasze ciało z poprzedniego doświadczenia, ważące w powietrzu 100 gramów. Cóż znajdziemy? Szalka ze szklanką, zawierającą wodę, w którą opuściliśmy nasze ciało, jest teraz daleko cięższa, i należy na drugą szalkę dołożyć 100 gramów, by znowu uzyskać równowagę; lecz jest to właśnie ciężar naszego ciała. Widzimy przeto, że nie traci ono istotnie w wodzie swego ciężaru. Ciężar istnieje jeszcze, to znaczy, że naczy-

nie z wodą i z tem ciałem waży o 100 gramów więcej, aniżeli bez niego, lecz samo ciało zostało pozornie pozbawione ciężaru wskutek parcia wody, czyli ciśnienia skierowanego do góry.

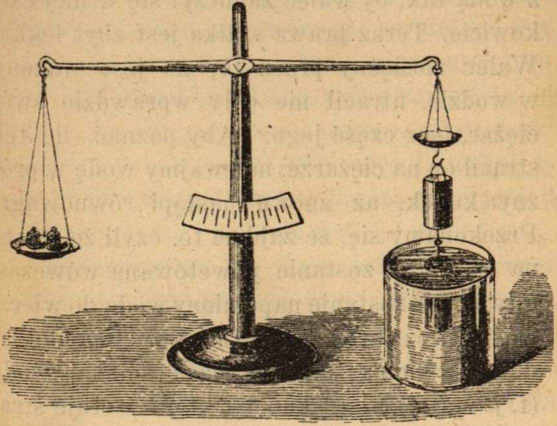


Fig. 12.

Doświadczenie 20. Weźmy teraz mosiężny kubek w kształcie walca i walec pełny takiej wielkości, by wstawiony do kubka dokładnie go wypełniał. Wyciągnijmy walec z kubka i zawieśmy go wraz z kubkiem na haczyku,

przymocowanym z dołu do prawej szalki; na drugą szalkę nałóżmy tyle ciężarków, aby nastąpiła równowaga. Następnie zważmy ten walec nie w powietrzu, lecz w wodzie; w tym celu podstawiamy pod prawą szalkę naczynie z wodą tak, by walec zanurzył się w niej całkowicie. Teraz prawa szalka jest zbyt lekka. Walec mosiężny przez to, że jest ważony w wodzie, utracił nie cały wprawdzie swój ciężar, lecz część jego. Aby poznać, ile też stracił on na ciężarze, nalewajmy wodę w próżny kubek, aż znowu nastąpi równowaga. Przekonamy się, że zajdzie to, czyli że strata na ciężarze zostanie powetowana wówczas, gdy kubek zostanie napełniony wodą do wierzchu. Lecz walec mosiężny wypełnia dokładnie ten kubek; a więc masa dolanej wody (t. j. wypełniająca kubek), która wetuje stratę na ciężarze, zajmuje objętość, dokładnie równą objętości naszego walca. Wynika stąd. że walec mosiężny, ważony w wodzie, stracił pozornie na ciężarze tyle, ile waży woda, przezeń wypierana. Możemy to zastosować do każdego ciała i powiedzieć, że **każde ciało zanurzone w wodzie traci na ciężarze tyle, ile waży woda w jego objętości.**

25. Pływanie po wodzie.

Zobaczmy, co z tego wynika. Jeżeli zanurzamy jakieś ciało w wodzie, i jeżeli pewna jego objętość jest cięższa od takiej samej objętości wody, jak to było naprzykład z naszym mosiężnym walcem, wówczas występuje strata na jego ciężarze, równa ciężarowi wody w jego objętości. Lecz, rzecz oczywista, nie traci ono całego swego ciężaru. gdyż każda część jego objętości waży więcej, aniżeli taka sama objętość wody; przeto ciało posiada jeszcze ciężar i pada na dno.

Doświadczenie 21. Lecz jeżeli każda część objętości ciała posiada ciężar równy ciężarowi takiej samej objętości wody. jak to było w doświadczeniu 18, traci ono w wodzie swój ciężar zupełnie i nie opada na dno. Takie ciało, zanurzone w wodzie, nie opada na dół, ani nie wypływa na wierzch, lecz może poruszać się we wszystkich kierunkach, jak gdyby wcale ciężaru nie posiadało.

Cóż jednak zajdzie, jeżeli każda część objętości ciała jest lżejsza od takiej samej objętości wody? Moglibyśmy zapytać, w jaki sposób może ono tracić na ciężarze więcej, niż

samo waży? Doświadczenie wskaże nam, co zajdzie w tym przypadku.

Doświadczenie 22. Weźmy kawałek drzewa, każda część objętości którego jest lżejsza od takiej samej objętości wody, i wepchnijmy go pod powierzchnię wody; przekonamy się, że unosząca siła wody, czyli ciśnienie w górę, spowodowane przez jej parcie, jest większa od ciężaru ciała, wskutek czego zostaje ono wypchnięte w górę, poczem pływa po powierzchni wody.

Ze wszystkich tych doświadczeń wynika: po pierwsze, że każde ciało zanurzone w wodzie wydaje się lżejszem o tyle, ile wynosi ciężar wody w jego objętości; powtóre, że wskutek tego ciało, które w każdej części swej objętości jest cięższe od wody, tonie; nie tonie, ani nie wypływa na wierzch, jeżeli każda część jego objętości waży tyle, co taka sama objętość wody; wreszcie wypływa na wierzch, jeżeli w każdej części swej objętości jest lżejsze od wody.

26. Ciężar gatunkowy.

Na tej zasadzie polega sposób oznaczania, ile razy jakieś ciało w każdej części swej objętości jest cięższe od wody.

Doświadczenie 23. Przypuśćmy, że mamy niewielki kawałek złota, ważący w powietrzu dokładnie 19 decygramów; jest to jego ciężar. Gdybyśmy go zważyli w wodzie, znaleźlibyśmy, że waży tylko 18 decygramów; stracił więc na ciężarze 1 decygram. Ta strata równa się ciężarowi wody w jego objętości; ciężar ten wynosi przeto 1 decygram. Złoto samo waży 19 decygramów, czyli 19 razy więcej, aniżeli woda, zajmująca taką samą objętość. To właśnie rozumieć należy, mówiąc, że **ciężar gatunkowy** złota wynosi 19. Jakikolwiek byłby kształt lub wielkość kawałka złota, wziętego do doświadczenia, otrzymamy zawsze ten sam wynik. Gdyby zaś kto dał nam jakiś metal podobny do złota, lecz nie złoto, przekonalibyśmy się, zważywszy go w powietrzu i w wodzie, że waży on nie 19 razy więcej, niż woda w jego objętości. Ten sposób oznaczania ciężaru gatunkowego lub stosunkowej gęstości ciał został odkryty więcej niż 2000 lat temu przez uczonego filozofa, nazwiskiem Archimedes.

Hero, władca Syrakuz, posiadał złotą koronę i na zasadzie pewnych danych przypuszczał, że złotnik do złota domięszał srebra, nie mógł

mu jednak tego dowieść. Zwrócił się więc do Archimedesa. Ten odnalazł właściwą drogę, prowadzącą do rozwiązania zagadnienia, pewnego dnia podczas kąpieli; podanie niesie, że wybiegł natychmiast nagi zupełnie z kąpieli, krzycząc: „Heureka! Heureka!", co znaczy: „Znalazłem! Znalazłem!". Po powrocie do domu wziął kawałek złota, o którem wiedział, że jest czyste, zważył go w wodzie i znalazł, że utraciło ono dziewiętnastą część swego ciężaru; a stąd wywnioskował, jak też i my dopiero co, że czyste złoto jest w każdej części swej objętości 19 razy cięższe od wody. Następnie wziął koronę Herona i, zważywszy ją w wodzie, dostrzegł, że traciła ona więcej aniżeli dziewiętnastą część swego ciężaru; wynikało stąd, że nie była ona zrobiona z czystego złota. Bez wątpienia złotnik za swą kradzież został stosownie ukarany.

27. Parcie innych cieczy.

Nie tylko woda, lecz inne ciecze również wywierają parcie; przytem każda ciecz wywiera różne, właściwe sobie parcie. Ciecze bardzo lekkie, jak naprzykład alkohol lub eter,

wywierają parcie stosunkowo słabe, ciecze bardzo ciężkie, jak naprzykład rtęć, wywierają parcie silne. Aby się o tem przekonać, dość nalać w naczynie rtęci i złożyć na jej powierzchni kawałek żelaza; żelazo będzie pływać, co stanowi dowód, że jest ono w każdej części swej objętości lżejsze od rtęci. Złoto jest cięższe od rtęci; mianowicie rtęć w każdej części swej objętości jest $13^1/_2$ razy, a złoto, jakeśmy dowiedzieli się powyżej, prawie 19 razy cięższe od wody.

Woda słona jest cokolwiek cięższa od słodkiej. W Palestynie znajduje się morze wewnętrzne, zwane morzem martwem, wody którego są takie słone, a przeto takie ciężkie, że człowiek utonąć w niem nie może.

28. Włoskowatość.

Nim opuścimy ciecze, zrobimy jeszcze wzmiankę o jednym dobrze znanym przypadku, kiedy woda wznosi się ponad swój poziom.

Doświadczenie 24. Jeżeli będziemy trzymać kawałek cukru nad powierzchnią wody w naczyniu tak, by dolny brzeg cukru dotykał powierzchni wody, po chwili cały kawałek zo-

stanie zwilgocony. Tak samo, zanurzając w wodę jeden koniec kawałka bibuły lub bawełnianego knota, możemy wznieść wodę ponad jej poziom w naczyniu.

Lecz jeżeli dotkniemy dolnym końcem kawałka cukru, bibuły lub knota powierzchni rtęci, rtęć nie wzniesie się po cukrze, czy też po bibule w górę. Te więc dwie ciecze, woda i rtęć zachowują się różnie względem kawałka bibuły lub cukru. Woda wznosi się w nich w górę i pozostaje w nich, natomiast rtęć nie wznosi się w nich i nie wilgoci ich. Rtęć przez cukier nie jest przyciągana dość mocno, by mogła wznieść się w nim w górę. Rtęć przylega do powierzchni srebrnej lub złotej, ponieważ metale te przyciągają rtęć dość mocno.

Własności gazów.

29. Ciśnienie powietrza.

Gazy pod pewnymi względami podobne są do cieczy, pod innymi zaś różnią się od nich znacznie. Ciecz posiada swobodną powierzchnię; można napełnić flaszkę do połowy wo-

dą. Z gazem tego uczynić niepodobna. Jeżeli naprzykład napełnimy gazem pęcherz. gaz rozchodzi się po całej przestrzeni wewnątrz pęcherza, a nie po pewnej tylko części. Gaz posiada i okazuje bardzo wyraźnie dążność wypełniania każdej próżnej przestrzeni, niczem jeszcze nie wypełnionej.

Doświadczenie 25. Wykazać to można przez bardzo proste doświadczenie. Potrzebną nam do tego będzie pompa pneumatyczna, o której mowa będzie później; powiemy tymczasem tylko, że za pomocą tej pompy pneumatycznej można z pod szklanego klosza usunąć powietrze. Pod tym kloszem umieśćmy kauczukowy balonik, napełniony powietrzem. Opróżnijmy następnie klosz, to znaczy usuńmy zeń powietrze. W baloniku kauczukowym mieści się powietrze, dokoła niego zaś powietrza obecnie niema, wskutek tego powietrze zawarte w baloniku usiłuje wypełnić próżną przestrzeń; uskutecznić zaś może to tylko powiększając objętość balonika. Dojrzymy też, że w miarę usuwania powietrza z pod klosza balonik powiększa się coraz bardziej. Lecz skoro napuścimy znów powietrza pod klosz, balonik powróci do objętości pierwotnej.

Doświadczenie 26. Doświadczenie to urozmaicić można w sposób następujący. Stawiamy na talerzu pompy pneumatycznej naczynie, w którem otwór, znajdujący się na wierzchu, zaciągnięty jest błoną kauczukową, szczelnie przywiązaną do brzegów naczynia. Wypompowujemy następnie powietrze z naczynia, jak poprzednio; dostrzeżemy że podczas usuwania powietrza z naczynia powietrze zewnętrzne, usiłując przedostać się do próżnej przestrzeni, wpycha wewnątrz naczynia błonę kauczukową i, być może, przy końcu doświadczenia zdoła nawet przerwać błonę,

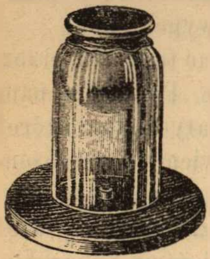


Fig. 13.

30. Ciężar powietrza.

Widzimy więc, że powietrze, skoro tylko może, wypełnia każdą próżną przestrzeń; wskutek tego bardzo trudno usunąć zupełnie powietrze z jakiegoś naczynia. Jednak większą część powietrza usunąć z naczynia mo-

żna. Na załączonym rysunku (fig. 14) widzimy naczynie, które można połączyć z pompą pneumatyczną i w taki sposób usunąć z niego powietrze. Jeżeli tego dokonamy, dostrzeżemy z łatwością, że naczynie to napełnione powietrzem waży więcej, niż próżne, czyli, innemi słowy, że powietrze posiada ciężar.



Fig. 14.

Doświadczenie 27. Zawieśmy dnem na dół lekkie, otwarte u góry naczynie na jednem ramieniu wagi i oznaczmy jego ciężar. Będzie to, powiedzieć można, ciężar tego naczynia, napełnionego powietrzem.

Doświadczenie 28. Gdy lekkie to naczynie jest już na wadze zrównoważone, napełnijmy je, rugując jednocześnie z niego powietrze (patrz „Przepisy“ na końcu książeczki), ciężkim gazem, zwanym kwasem węglanym; sposób otrzymywania tego gazu jest opisany w chemii (Roscoe, Chemia str. 55, ust. 33). Dostrzeżemy, że wskazówka wagi przesunie się, wykazując, że naczynie waży teraz wię-

cej niż przedtem, gdy było napełnione zwyczajnem powietrzem. Jedne więc gazy są cięższe od drugich.

Doświadczenie 29. Wodór jest najlżejszy ze wszystkich gazów; stosownie do tego zawieśmy nasze naczynie na wadze **dnem do góry,** i gdy zostanie zrównoważone, napełnijmy je, rugując zeń jednocześnie powietrze, wodorem (patrz „Przepisy"); sposób otrzymywania wodoru podany jest w chemii (Roscoe, Chemia str. 27, ust. 17). Teraz wskazówka wagi przesuwa się w stronę przeciwną. wykazując, że teraz naczynie waży mniej, niż przedtem, gdy było napełnione powietrzem, jakkolwiek nie jest ono jeszcze tak lekkie, jakiem byłoby, gdyby było zupełnie próżne.

Cząsteczki gazów, chociaż pozornie odpychają się wzajemnie, usiłując oddalić się jedna od drugiej możliwie daleko i wypełnić zawsze całkowicie naczynie, zawierające gaz, są jednak przyciągane przez ziemię i posiadają ciężar. Nie grozi też niebezpieczeństwo, by atmosfera nasza opuściła ziemię. Przeciwnie, atmosfera spoczywa na ziemi, jak gdyby jakiś ocean; na dnie tego oceanu żyjemy i poruszamy się.

Pod względem ciśnienia i ciężaru ten ocean powietrzny jest bardzo podobny do oceanu wodnego; mówiliśmy zaś już na str. 42, że ciśnienie wody na dno naczynia zależy od głębokości, tak że na wielkiej głębokości ciśnienie jest bardzo wielkie; prócz tego ciśnienie to jest wywierane we wszystkich kierunkach.

Dowiedziawszy się, że pozostajemy pod bardzo wielkiem ciśnieniem powietrza, zapytujemy oczywiście, dla czego nie odczuwamy tego ciśnienia? Odpowiadamy, że poprostu dlatego, ponieważ ciśnienie to wywierane jest na wszystkie strony, na dół, do góry i w bok. Weźmy pod uwagę arkusz papieru: ciśnienie powietrza działa nie tylko na wierzchnią powierzchnię arkusza w kierunku z góry na dół, lecz działa tak samo mocno i na spodnią powierzchnię arkusza w kierunku z dołu do góry. Wskutek tego arkusz papieru może poruszać się tak samo swobodnie, jak gdyby nie podlegał żadnemu ciśnieniu oceanu powietrznego. Dlatego też my sami możemy poruszać się swobodnie i nie czujemy ciśnienia. Możemy jednak przez proste doświadczenie uwidocznić ciśnienie powietrza doskonale.

Doświadczenie 30. Załączony rysunek (fig. 15) przedstawia dwie próżne wewnątrz półkule, ściśle do siebie przystające. Przyciśnijmy je jedną do drugiej i zamknijmy kurek. Moglibyśmy zapytać, dlaczegóż ciśnienie powietrza nie utrzymuje ich razem? Dlatego, że powietrze znajduje się również wewnątrz tych półkul i ciśnie ono na zewnątrz z taką samą siłą, z jaką powietrze zewnętrzne ciśnie z zewnątrz. Lecz połączmy nasze półkule z pompą pneumatyczną i wyciągnijmy powietrze, poczem zamknijmy kurek i odłączmy je od pompy. Przekonamy się, że teraz jest bardzo trudno oddzielić półkule od siebie, ponieważ powietrze zewnętrzne przyciska jedną do drugiej, a niema wewnątrz nich powietrza, któreby ciśnieniu temu przeciwdziałać mogło; wskutek tego półkule trzymają się bardzo mocno.

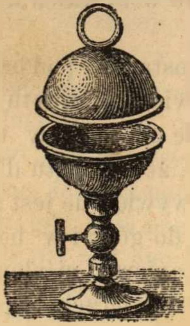


Fig. 15.

Jeżeli powietrze zachowuje się jak ciecz

i posiada ciężar, powinno również sprawiać parcie, jakkolwiek nie takie silne, jakie sprawia woda. Wielki worek, napełniony gazem świetlnym lub, jeszcze lepiej, wodorem, jest lżejszy od takiej samej objętości powietrza i wskutek tego będzie się wznosił w powietrzu w górę. Taki worek nazywa się **balonem**. Dość wielki balon może unieść ze sobą niewielką łódkę z kilku ludźmi.

31. Barometr.

Doświadczenie 31. Weźmy pustą rurkę szklaną, otwartą na jednym końcu i zatopioną na drugim, napełnijmy ją rtęcią i, zatkawszy otwarty koniec palcem, odwróćmy ją tym końcem na dół i zanurzmy w szklane naczynie, zawierające również rtęć. Baczyć należy, by nie odjąć palca od otwartego końca rurki przed zanurzeniem go pod powierzchnię rtęci w naczyniu. Na rysunku (fig. 16) widzimy odwróconą w taki sposób rurkę i ustawioną pionowo w naczyniu z rtęcią. Na górnym końcu pionowej rurki dostrzegamy przezroczystą przestrzeń; na pierwszy rzut oka możnaby przypuścić, żeśmy wpuścili w rurkę cokolwiek powietrza; tak jednak nie jest: w tej prze-

zroczystej przestrzeni niema nic. Zapytujemy więc, dlaczegoż powietrze atmosferyczne,

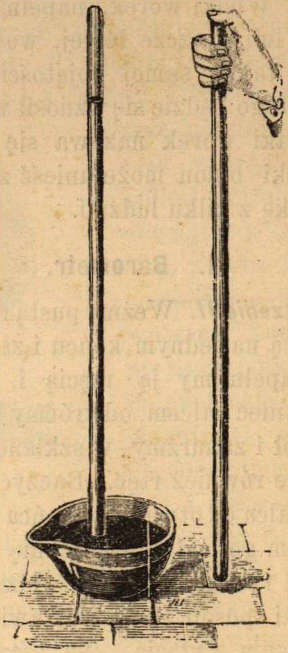


Fig. 16.

które ciśnie przecież we wszystkich kierunkach, a więc i na powierzchnię rtęci w naczyniu, nie wepcha rtęci w rurkę tak, by wypeł-

niła i tę próżną przestrzeń? Odpowiedź na to jest łatwa: uczyniłoby to, gdyby tylko mogło; ciśnie ono z góry na dół na powierzchnię rtęci w naczyniu z siłą, która wystarcza do utrzymania w rurce słupa ciężkiej rtęci o wysokości 76 centymetrów; więcej już unieść nie może. Ciężar tej rtęci, cisnący na dół, równoważy zupełnie ciśnienie powietrza, unoszące ją w górę, wskutek tego słup rtęci nie może opuścić się na dół, a ciśnienie powietrza nie może już unieść go w górę. Dla tego też ponad słupem rtęci w rurce mamy próżną przestrzeń. Doświadczenie to po raz pierwszy wykonane było przez pewnego włocha, nazwiskiem Torricelli; rurka taka nazywa się **barometrem**, a próżna przestrzeń w górnej jej części — **próżnią Torricelli'ego.** Barometry bywają zwykle zaopatrzone w skalę, podzieloną na milimetry, za pomocą której można odrazu zmierzyć wysokość wierzchołka rtęci w rurce nad powierzchnią rtęci w naczyniu.

32. Zastosowania barometru.

Barometr bywa użyteczny w wielu razach. Możemy naprzykład za pomocą niego ozna-

czyć wysokość góry. Mówiliśmy już (str. 42), że ciśnienie na dnie głębokiego zbiornika wody jest większe, niż blizko powierzchni wody; toż samo zachodzi w naszym oceanie powietrznym, w którym żyjemy, mianowicie ciśnienie blizko dna tego oceanu jest większe, aniżeli gdzieś wyżej, blizko wierzchniego jego krańca. Na wierzchołku góry mamy nad sobą mniejszy ciężar powietrza, niż na dole, przeto ciśnienie powietrza na wierzchołku góry jest mniejsze, niż u jej podnóża. Powietrze nie może tam zrównoważyć takiego samego słupa rtęci, jak u podnóża, wskutek tego w barometrze będziemy tam mieć słup rtęci o wysokości, zamiast 76 centymetrów, tylko 60, a nawet 50 centymetrów, zależnie od wysokości góry. Rtęć w rurce barometru opadać będzie tem niżej, im wyżej w powietrze wznosić się będziemy; na zasadzie tego za pomocą barometru można oznaczyć, do jakiej wysokości wznieśliśmy się. Prócz tego barometr pożytecznym jest dla nas jeszcze przez to, że wskazuje, kiedy oczekiwać należy złej pogody. Gdy barometr opada, t. j. gdy wierzchołek rtęci w rurce opuszcza się na dół, szczególniej, gdy opada szybko, należy oczekiwać

złej pogody. Jeżeli natomiast rtęć stoi stale wysoko, możemy spodziewać się, że pogoda w dalszym ciągu będzie dobra.

33. Pompa pneumatyczna.

Mówiliśmy, że można usunąć powietrze z naczynia i że dokonywa się to za pomocą **pompy pneumatycznej.** Z załączonego rysunku zrozumieć można działanie tej maszyny (fig. 17). Przedewszystkiem musimy zdać so-

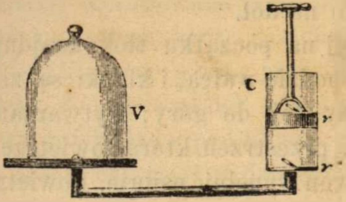


Fig. 17.

bie sprawę z tego, co nazywamy **klapą.** Klapa jest to szczelna pokrywka, zamykająca jakiś otwór; podnosi się ona tylko w jedną stronę, naprzykład do góry. Można czasami widzieć w podłogach takie pokrywy, otwierające się tylko do góry. Po lewej stronie rysunku widzimy szklany klosz, napełniony powie-

trzem, szczelnie przystający do talerza. Od środka talerza prowadzi rurka otwarta na końcach; jeden koniec wystaje ponad talerz, drugi zaś wchodzi do walca, umieszczonego po prawej stronie rysunku. W taki sposób rurka ta łączy wnętrze klosza z walcem. Widzimy wreszcie dwie klapki, czyli dwie szczelne pokrywki; jedna z nich umieszczona jest w tem miejscu, gdzie koniec rurki łączy się z dnem walca, druga zaś znajduje się w samym tłoku. Obie klapki mogą otwierać się tylko do góry, nie na dół.

Niechaj na początku tłok znajduje się na samym spodzie walca, i klapki są zamknięte. Podnośmy tłok do góry; wytwarzamy przez to próżną przestrzeń, którą powietrze ze wszystkich stron wypełnić usiłuje. Powietrze, znajdujące się nad tłokiem, usiłuje przedostać się pod tłok, lecz nie może; może ono tylko cisnąć na zewnętrzną stronę klapy i przez to szczelnie przyciskać ją do tłoka, ponieważ klapa ta nie otwiera się ku wnętrzu. Lepiej wiedzie się powietrzu z pod klosza; przedostaje się ono przez rurkę, naciska na dolną klapkę, otwierającą się do góry, i przenika w próżnię. Przypuśćmy, żeśmy pociągnęli tłok aż do

wierzchniego brzegu walca i poczynamy opuszczać go na dół. Ciśnienie, jakie wywieramy na tłok, przenosi się na powietrze, zawarte pod nim, powietrze zaś wywiera ciśnienie na dolną klapkę i zamyka ją. Rzecz się ma inaczej z wierzchnią klapką, gdyż powietrze wewnętrzne, cisnąc z dołu, otwiera ją. Wskutek tego, jeżeli będziemy w dalszym ciągu wpychać tłok na dół, wszystkie powietrze, znajdujące się pod tłokiem, zostanie usunięte przez wierzchnią klapkę, czyli pokrywkę opadającą. Lecz powietrze, wyrugowane przez nas, stanowiło część powietrza, które znajdowało się pierwotnie pod kloszem; a więc przez dwa posunięcia tłoka, do góry i na dół, udało się nam usunąć część powietrza z pod klosza. Powtarzajmy tę samą czynność w dalszym ciągu, t. j. podnieśmy znów tłok do góry, wówczas powietrze zewnętrzne zamknie szczelnie wierzchnią klapkę, powietrze zaś z pod klosza podąży przez rurkę, otworzy klapkę dolną i wypełni próżnię, którą wytworzyliśmy, pociągając tłok do góry; a podczas wpychania tłoka na dół, klapka dolna zostanie zamknięta, powietrze wewnętrzne podejmie klapkę wierzchnią i pocznie się wydostawać na zewnątrz.

Przy każdym podobnym podwójnym ruchu tłoka usuwa się z pod klosza część powietrza. Aby pompa pneumatyczna działała dobrze, tłok powinien szczelnie przystawać do walca; gdyby tego nie było, powietrze przedostawałoby się z zewnątrz, i nie udałoby się nam wyciągnąć powietrza z pod klosza. W taki sposób działa pompa pneumatyczna. Nie każda wprawdzie pompa wygląda tak samo, jak podana na rysunku; jednak zasada urządzenia we wszystkich pompach pneumatycznych jest ta sama, chociażby na oko wyglądały one inaczej.

34. Pompa wodna.

Po opisie pompy pneumatycznej powróćmy znów na chwilę do barometru. Wiemy już, że ciśnienie powietrza wystarcza do uniesienia słupa rtęci o wysokości 76 centymetrów. Woda jest w każdej części swej objętości o wiele lżejsza od rtęci, można przeto przypuszczać, że ciśnienie powietrza zdoła utrzymać słup wody o wysokości znacznie większej, aniżeli 76 centymetrów. Istotnie, ciśnienie powietrza unosi słup wody o wysokości nieco większej niż 10 metrów.

Uwagi te wystarczą do zrozumienia działania zwyczajnej pompy wodnej. Załączony rysunek przedstawia wewnętrzne urządzenie takiej pompy (fig. 18). Na dole mieści się zbiornik, z którego chcemy wypompować wodę; od tego zbiornika idzie rura do trzona pompy. W trzonie widzimy szczelnie do niego przystający tłok, a w tłoku klapę, otwierającą się do góry. Prócz tego na dnie trzona znajduje się jeszcze jedna klapa, otwierająca się również tylko do góry. Trzon pompy wodnej jest więc, jak to widzimy, bardzo podobny do walca pompy pneumatycznej. Rozpoczynamy i teraz nasze rozumowania od tej chwili, gdy tłok znajduje się na samym spodzie trzona.

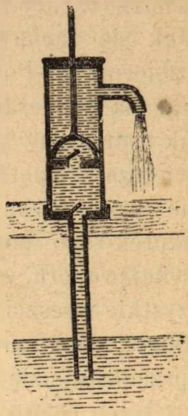


Fig. 18.

Podnośmy tłok do góry: powietrze, znajdujące się nad tłokiem, tak samo jak w pompie pneumatycznej, wywiera na klapę ciśnienie i zamyka ją szczelnie, powietrze z rury prze-

dostaje się przez klapę dolną i wypełnia próżnię, wytworzoną przez podniesienie tłoka do góry. Gdy następnie poczniemy wpychać tłok na dół, klapa dolna, tak samo jak w pompie pneumatycznej, zostanie zamknięta; klapa w tłoku otwiera się i wypuszcza powietrze na zewnątrz. Dotychczas usuwamy właściwie powietrze z rury i z trzona.

Jak się zachowuje podczas tego woda w zbiorniku? Powietrze zewnętrzne ciśnie wciąż na powierzchnię wody; ponieważ jednak usunęliśmy powietrze z rury, ciśnienie powietrza zewnętrznego nie jest zrównoważone przez ciśnienie powietrza w rurze. Wskutek tego powietrze zewnętrzne, nie napotykając oporu, wpycha wodę w rurę, aż, gdy wszystkie wreszcie powietrze zostanie z rury usunięte, cała rura napełni się wodą. Woda ta przedostaje się następnie przez klapę dolną w trzon pompy.

Nie byłoby tego, gdyby odległość pomiędzy powierzchnią wody w zbiorniku i dolną klapą wynosiła więcej niż 10 metrów, ponieważ, jak to zaznaczyliśmy poprzednio, ciśnienie powietrza unieść może słup wody o wysokości tylko 10 metrów, nie większej. Gdyby odle-

głość pomiędzy powierzchnią wody w zbiorniku i trzonem pompy wynosiła więcej niż 10 metrów, woda nie mogłaby się przedostawać do trzona, i nie moglibyśmy na żaden sposób doprowadzić jej aż do trzona. Jeżeli jednak odległość ta wynosi nie więcej nad 7—8 metrów, pompa będzie działać dobrze, gdyż możemy wprowadzić wodę w trzon. Przypuśćmy więc, że cały trzon jest już napełniony wodą i że wpychamy tłok na dół; wówczas ciśnienie, wywierane na tłok, przenosi się za pośrednictwem wody na klapę dolną i zamyka ją. Wierzchnia natomiast klapa, otwierająca się do góry, zostanie przez ciśnienie wody otwarta, i woda przedostanie się nad tłok. A gdy pociągniemy tłok znów do góry, uniesiemy z nim również wodę, która też wyleje się przez boczną rurę wypływu. Od tej chwili przy każdem pociągnięciu tłoka do góry woda wylewać się będzie przez boczną rurę.

Doświadczenie 32. Aby widzieć na własne oczy, co zachodzi w zwyczajnej pompie, należy posiadać model pompy ze szklanym trzonem, by można było widzieć wewnętrzne urządzenie. Na takim modelu łatwo dostrzedz, że przy pociąganiu tłoka w górę klapa wierzchnia

zamyka się, dolna zaś otwiera, natomiast przy opuszczaniu tłoka na dół klapa wierzchnia otwiera się, dolna zaś zamyka. Jest rzeczą oczywistą, że tłok powinien szczelnie przystawać do trzona; w przeciwnym razie powietrze przedostawałoby się z góry i przeszkadzało działaniu pompy. Jeżeli pompa nie bywa często w użyciu, zdarza się niekiedy, że skóra lub inne pokrycie bocznej powierzchni tłoka wysycha, i pompa działać przestaje. W tym razie dość nalać na tłok wody; wówczas pokrycie tłoka zwilża się, i poczyna on znów przystawać szczelnie.

35. Lewar.

Nim opuścimy naukę o gazach, opiszemy jeszcze jeden przyrząd, zwany lewarem, działanie którego, jak i działanie pompy, polega na ciśnieniu powietrza. Wprawdzie nie możemy tu objaśnić dokładnie zasady jego działania. Taki lewar widzimy na załączonym rysunku (fig. 19). Używa się go do przelewania cieczy z naczynia, umieszczonego wyżej, do naczynia, umieszczonego niżej. Przedewszystkiem należy rurkę odwrócić i napełnić ją całkowicie

wodą; następnie, zatknąwszy otwór krótszego ramienia palcem i odwróciwszy rurkę, zanurzmy ten koniec pod powierzchnię wody w naczynie, umieszczone wyżej, jak jest wskazane na rysunku, poczem usuńmy palec. Sko-

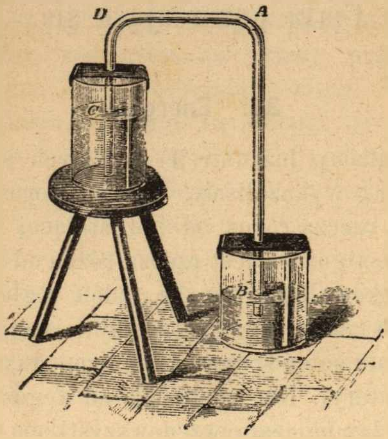


Fig. 19.

rośmy tylko to wykonali, woda poczyna wylewać się z dłuższego ramienia ciągłym strumieniem w naczynie, umieszczone niżej. W taki sposób przelać można wszystką wodę z naczynia wyższego do niższego, jeżeli tylko

krótsza rurka lewaru jest dość długa, by dochodziła do samego dna naczynia umieszczonego wyżej.

Ciała poruszające się.

36. Energia.

Mówiliśmy już (str. 1) o różnych stanach ciał oraz wykazaliśmy, że kula poruszająca się jest rzeczą różną od pozostającej w spoczynku, a gorąca jest rzeczą różną od zimnej; wzmiankowaliśmy też, że jeden z głównych naszych celów w książeczce niniejszej polega na zdaniu sobie sprawy z tych zmiennych stanów materyi. Nie mogliśmy od tego rozpocząć, gdyż należało przedewszystkiem poznać same ciała. Znamy już mniej więcej ciała stałe, ciecze i gazy; możemy przeto przejść do rozważania zmiennych stanów ciał. Dowiedzieliśmy się już, że ciała bywają niekiedy pełne energii, naprzykład poruszająca się kula armatnia, niekiedy zaś zupełnie obojętne i pozbawione energii, naprzykład kula arma-

tnia pozostająca w spoczynku. Zadanie nasze w rozdziałach następnych polegać będzie na zbadaniu najważniejszych przypadków, kiedy ciało jest pełne energii. Bywa to wówczas, gdy ciało znajduje się **w ruchu postępowym,** gdy wykonywa **szybkie drgania,** gdy jest **ogrzane** lub **naelektryzowane;** będziemy rozważali te cztery przypadki, w których ciała posiadają energię. Przedewszystkiem zajmiemy się ciałami, poruszającemi się ruchem postępowym, i pod tym nadgłówkiem usiłować będziemy wytworzyć pojęcie o sposobie działania tych ciał; następnie rozważymy ciała drgające, naprzykład dźwięczącą strunę lub dzwon, i jednocześnie wyłożymy o dźwięku. Później opowiemy o ciałach ogrzanych; poznamy tam istotę ciepła i światła; wreszcie w rozdziale poświęconym ciałom naelektryzowanym. mieć będziemy do czynienia z tajemniczą nader rzeczą, zwaną elektrycznością. W niniejszej książeczce początkowej nie możemy podać jakichś wyczerpujących wiadomości o różnych stanach ciał, czyli o różnych rodzajach energii, jakie one posiadać mogą. Pozostawiamy to studyom poważniejszym; podać możemy zaledwie zarys

przedmiotu, zwracając jednocześnie uwagę na wielką jego ważność.

37. Określenie pracy.

Mówiąc, że człowiek jaki posiada energię, rozumiemy przez to, że posiada on zdolność wykonywania pracy; mówiąc, że jakiś przedmiot posiada energię, rozumiemy przez to również, że może on wykonywać pracę. Istotnie, energię ciała mierzymy przez ilość pracy, jaką ono wykonać może aż do zupełnego wyczerpania się jego energii. Gdy podnosimy kilogram na wysokość metra, wykonywamy pewną pracę; jeżeli zaś podnosimy jeden kilogram na wysokość dwu metrów, wykonywamy pracę dwa razy większą; gdy podnosimy go na wysokość trzech metrów, wykonywamy pracę trzy razy większą i t. d. Jeżeli więc pracę wykonaną przy podnoszeniu ciężaru jednego kilograma na wysokość jednego metra nazwiemy **jednostką pracy**, *) pracę przy podnoszeniu tego ciężaru na wysokość trzech metrów nazwać należy **trzema jednostkami pracy.**

*) Taka jednostka pracy nazywa się kilogrammetrem. *(Przyp. tłum.)*

Prócz tego praca, wykonana przy podnoszeniu dwu kilogramów na pewną wysokość, jest dwa razy większa, niż przy podnoszeniu jednego kilograma na taką samą wysokość; wskutek tego praca, wykonana przy podnoszeniu dwu kilogramów na wysokość trzech metrów, będzie równa **sześciu jednostkom pracy.** W ogóle **należy ciężar podniesiony** (wyrażony w kilogramach) **pomnożyć przez wysokość, na jaką został podniesiony** (wyrażoną w metrach), **a iloczyn wyrażać będzie pracę wykonaną.**

Przypuśćmy, że kierujemy armatę pionowo w górę w powietrze i strzelamy kulą, ważącą 50 kilogramów; niechaj kula wylatuje z taką szybkością, że wzniesie się, nim zawróci napowrót, do wysokości 400 metrów. Możemy natychmiast powiedzieć, jaką energię posiadała kula w chwili wystrzału. Posiadała ona tyle energii, że mogła podnieść 50 kilogramów (t. j. samą siebie) na wysokość 400 metrów, a więc mogła wykonać pracę równą 50×400 czyli 20 000 jednostek pracy. Gdybyśmy wzięli większy ładunek prochu, uzyskalibyśmy większą początkową szybkość kuli. Przypuśćmy, że w tym drugim przypadku

wznosi się ona do punktu zwrotu na wysokość 600 metrów; posiada więc ona w chwili wystrzału tyle energii, że jest w stanie wykonać pracę równą 50×600 czyli 30 000 jednostek pracy. W ogóle im z większą szybkością kula wylatuje z działa, tem wyżej się wzniesie. tem większą wykonywa pracę, tem większą przeto posiada energię.

38. Praca wykonywana przez ciało poruszające się.

Nie możemy tu rozważać tej kwestyi dokładnie; zaznaczymy tylko, że ciało wyrzucone w górę z podwójną szybkością wznosi się w górę nie **dwa**, lecz **cztery razy** tak wysoko, ciało wyrzucone z szybkością potrójną wznosi się nie **trzy**, lecz trzy razy po trzy czyli **dziewięć** razy tak wysoko i t. d.

Widzimy więc, że kula armatnia o szybkości dwa razy większej może wykonać pracę cztery razy większą. Pracę kuli armatniej mierzyć możemy w inny jeszcze sposób, nie tylko dostrzegając, jak wysoko może się ona wznieść w powietrzu; możemy wystrzelić nią w szereg desek, umieszczonych jedna za dru-

gą. W tym razie przekonamy się również, że kula o szybkości podwójnej przebije prawie 4 razy więcej desek, kula o szybkości potrójnej prawie dziewięć razy więcej i t. d. Widzimy z tego, że kula o szybkości dwa razy większej sprawia działanie niszczące cztery razy większe niż kula o danej szybkości. W ogóle w jakikolwiek sposób energię jej mierzyć będziemy, zawsze znajdujemy, że posiada ona energię cztery razy większą, aniżeli kula o szybkości dwa razy mniejszej.

39. Energia położenia.

Że ciało szybko poruszające się posiada zdolność wykonywania pracy, dostrzedz łatwo. Lecz ciała spoczywające również mogą posiadać energię podobnie do tego, jak człowiek pozostający w spoczynku może jednak być zdolnym do wykonania bardzo wielkiej pracy, skoro tylko do niej przystąpi. Wystawmy sobie dwóch ludzi jednakowej siły walczących ze sobą; każdy z nich jest zaopatrzony w stos kamieni, którymi usiłuje pobić przeciwnika. Jeden umieścił się ze swymi kamieniami na dachu domu, drugi zaś pozostaje na

dole. Nie potrzebujemy nawet pytać się, który z nich zostanie panem walki: każdy odrazu odpowie, że człowiek znajdujący się na dachu. Co wpływa na jego korzyść? Nie jest on ani silniejszy, ani energiczniejszy od swego przeciwnika; przyczyna jego zwycięstwa leży w kamieniach, mianowicie w tem, że kamienie jego są umieszczone wysoko. Sam on nie posiada więcej energii, niż przeciwnik, pozostający na dole, lecz stos jego kamieni posiada więcej energii, aniżeli stos kamieni przeciwnika, umieszczony niżej. Widzimy z tego, że kamienie posiadają energię, wynikającą z wysokiego położenia, w jakiem zostały umieszczone; są one w stanie wykonać pracę bez względu na to, czy będzie to praca szkodliwa, polegająca na obaleniu człowieka, czy też praca pożyteczna, polegająca na wbiciu pala. Wystawmy sobie jeszcze dwa młyny wodne: jeden z nich posiada wodę w stawie, położonym wysoko, staw zaś drugiego młyna leży niżej, niż sam młyn. Na zapytanie, który z tych dwóch młynów może być czynnym, odpowiadamy odrazu, że młyn, do którego należy staw położony wyżej, gdyż spadek wody obraca koła. Posiadając wysoko położony wielki

zbiornik wody, naprzykład staw, można uzyskać bardzo wiele pracy; praca ta może być użyta na cele pożyteczne, naprzykład mielenie zboża, młócenie, piłowanie drzewa. Przeciwnie, ze stawu położonego nizko, żadnej pracy uzyskać nie można,

Porównajmy młyn wodny, poruszany przez wodę z wyżej położonego stawu, z wiatrakiem poruszanym przez wiatr. Wiatr można porównać z kulą armatnią, jakkolwiek nie biegnie tak szybko; energia wiatru jest energią ciała poruszającego się:*) wiatr uderza w skrzydła i obraca je, podobnie do tego jak unosi piórko lub słomkę, rzucone w górę podczas burzy. Młyn wodny posiada stanowczą wyższość nad wiatrakiem. Posiadając wiatrak, wyczekiwać należy, aż wiatr wiać zacznie, natomiast posiadając młyn wodny z odpowiednim stawem, możemy wodę puszczać lub zatrzymywać, kiedy to jest dla nas najodpowiedniejsze. Możemy przechowywać zasób energii i korzystać z niego, kiedy nam się spodo-

---

*) Energia ciała poruszającego się nazywa się energią ruchu lub energią cynetyczną.

(Przyp. tłum.).

ba. Energia ciała poruszającego się podobna jest do gotowych pieniędzy, które właśnie wydajemy, a energia stawu przy młynie jest podobna do pieniędzy, złożonych w banku, które możemy wyjąć stamtąd, skoro zajdzie tego potrzeba*).

Ciała drgające.

40. Dźwięk.

Ciało, zmieniające swe miejsce, znajduje się, rzecz oczywista, w ruchu; z tego jednak nie wynika, by każde poruszające się ciało, uważane jako całość, swe miejsce zmieniało. Szybko obracający się krążek jest przecież w stanie ruchu, jakkolwiek, jako całość, miejsca swego nie zmienia.

Doświadczenie 33. Weźmy pręt przymocowany na jednym końcu do ciężkiego kloca. Jeżeli potrącimy wierzchni koniec pręta, po-

*) Dokładniejsze a przystępnie wyłożone wiadomości o energii czytelnik znajdzie w książeczce tegoż autora „Zasada zachowania energii“ w przekładzie Wł. Kwietniewskiego. *(Przyp. tłum.)*.

rusza się on bardzo szybko naprzód w jednym kierunku, a następnie w kierunku przeciwnym, lecz pręt, uważamy jako całość, miejsca swego nie zmienia. Ten ruch cząsteczek takiego pręta w tę i przeciwną stronę nazywa się ruchem drgającym. Cząsteczki uderzonego dzwonu, bębna lub struny fortepianowej wykonywają podobne ruchy drgające.



Fig. 20.

Przy ruchu drgającym, podobnie jak przy ruchu postępowym, powinna się przejawiać energia, ponieważ cząsteczki ciała drgającego poruszają się istotnie nader szybko z jednej strony na drugą. Usiłujmy je zatrzymać, a otrzymamy uderzenie; gdy na drodze ich ruchu znajduje się jakiś przedmiot, uderzają weń. Powietrze atmosferyczne znajduje się na ich drodze, uderzają więc w powietrze. Za każdą razą, gdy koniec drgającego drutu powraca, daje on powietrzu uderzenie w tym samym kierunku. Ciało drgające udziela powietrzu w krótkim czasie bardzo wiele słabych uderzeń. Uderzone powietrze nie pozostaje obojętnem, lecz uderza w powietrze sąsiednie, to znów ze swej strony ude-

rza w powietrze, znajdujące się najbliżej i t. d., aż uderzenie, udzielone powietrzu, przeniesie się na znaczną odległość. Wreszcie uderzenie to dochodzi do naszego ucha; jednak nie działa ono jako uderzenie, któreby nas obalić mogło; dlatego też nie nazywamy go uderzeniem. lecz mówimy, że **dźwięk wpadł do naszego ucha;** słyszymy **dźwięk.**

41. Co to jest hałas, a co muzyka.

Jeżeli ciało udziela powietrzu szereg nieprawidłowych uderzeń, jak to bywa naprzykład przy wystrzale armatnim. powietrze przenosi je do naszego ucha; mówimy wówczas, że słyszymy huk lub **hałas.** Gdy jednak ciało, potrącające powietrze, udziela mu w sekundzie bardzo wiele słabych uderzeń w prawidłowych odstępach czasu, powietrze przenosi je do naszego ucha i udziela mu tyleż samo uderzeń w sekundzie w jednakowych odstępach, a wtedy mówimy, że słyszymy **dźwięk muzyczny.** Widzimy z tego, że jednostajność lub niejednostajność odstępów stanowi o różnicy pomiędzy dźwiękiem muzycznym a hałasem. Prócz tego jeżeli ciało drgające, które sprawia te wstrząśnienia. uderza po-

wietrze stosunkowo niewiele razy w sekundzie, powietrze również udzieli nam tę samą niewielką ilość uderzeń w sekundzie i usłyszymy **ton nizki**; jeżeli zaś ciało wykonywa drgania bardzo szybkie i udziela powietrzu bardzo wielką ilość uderzeń w sekundzie, powietrze udziela nam, rzecz oczywista, tyleż samo uderzeń, i słyszymy **ton wysoki. Gdy przeto słyszymy ton nizki, oznacza to, że niewielka ilość uderzeń w sekundzie dochodzi do naszego ucha; natomiast ton wysoki świadczy o wielkiej ilości uderzeń w tym samym czasie.** 20 000 uderzeń w sekundzie wytwarzają ton bardzo wysoki, 50 uderzeń w tym samym czasie — ton bardzo nizki.

42. Dźwięk może wykonywać pracę.

Ton muzyczny sprawia wrażenie przyjemne, hałas zaś jest bardzo dla ucha nieprzyjemny; niekiedy bardzo mocny hałas (huk) może zranić lub uszkodzić ucho. Uderzenie w ucho przy potężnym wystrzale armatnim może pozbawić je słuchu; gdy dźwięk trafia na szybę szklaną, wstrząśnienie przezeń sprawione może być tak silne, że szyba pęknie.

W takim przypadku, jak podczas wybuchu prochowni, wszystkie szyby w domach pobliżkich bywają niekiedy pobite. Widzimy z tego, że głośny hałas posiada energię i może wykonać pracę, przeważnie pracę zniszczenia.

43. Do przenoszenia dźwięku niezbędnem jest powietrze.

Doświadczenie 34. Zobaczmy co zajdzie, gdy zmusimy do dźwięczenia dzwonek w przestrzeni pozbawionej powietrza, naprzykład pod kloszem, z którego usunęliśmy powietrze. Ponieważ powietrza tam niema, poruszające się cząsteczki dzwonka nie mają w co uderzać, i dźwięk nie dochodzi do naszego ucha. Uderzony dzwon, lub też jakiekolwiek inne drgające ciało posiada pewną ilość energii, z której część udziela powietrzu, powietrze zaś ze swej strony część otrzymanej energii udziela uchu. Skoro powietrza niema, niema niczego, coby mogło przenieść energię od ciała drgającego do naszego ucha.

44. Sposób rozchodzenia się dźwięku.

Zastanówmy się cokolwiek nad istotą dźwięku, udzielanego powietrzu przez ciało drga-

jące i rozprzestrzeniającego się w niem na znaczne odległości.

Przedewszystkiem sądzić nie należy, gdy nastąpił wystrzał armatni na odległości jednej lub dwu mil, że te same cząsteczki powietrza przebiegają całą drogę od armaty do naszego ucha. Cząsteczki powietrza, zbliżone do armaty, oddają uderzenie najbliżej ku nim leżącym cząsteczkom. Cząsteczki, które otrzymały uderzenie, ze swej strony oddają uderzenie cząsteczkom sąsiednim, poczem powracają do stanu spoczynku i t. d., aż dźwięk wpadnie do naszego ucha. Co zachodzi istotnie podczas rozchodzenia się dźwięku, uwidocznić może następujące doświadczenie.

Doświadczenie 35. Weźmy kilkanaście kulek sprężystych, zawieszonych szeregiem na oddzielnych nitkach swobodnie jedna obok drugiej tak, że dotykają się wzajemnie. Odchylmy pierwszą kulkę w bok w płaszczyznie reszty kul i puśćmy ją tak, by uderzyła drugą kulkę. Cóż zajdzie? Pierwsza kulka po uderzeniu kulki drugiej przechodzi w stan spoczynku. Kulka druga oddaje szybko uderzenie otrzymane kulce trzeciej i również przechodzi w stan spoczynku; tak samo zachowu-

je się kulka trzecia i następna, aż wreszcie uderzenie dojdzie do ostatniej kulki w szeregu; kulka ta, ponieważ jest ostatnią w szeregu, zostanie przez to uderzenie wprawiona w ruch. Otóż pierwszą kulkę porównać można z cząsteczkami powietrza, znajdującemi

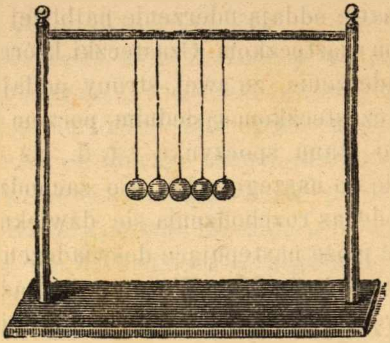


Fig. 21.

się w pobliżu armaty, a kulkę ostatnią z cząsteczkami powietrza, przylegającemi do naszego ucha. Z przykładu tego łatwo zrozumieć można, w jaki sposób dźwięk przenosi się od powietrza, otaczającego bezpośrednio armatę, do powietrza, znajdującego się tuż przy uchu, jakkolwiek wcale nie jest niezbę-

dnem, by jedne i te same cząsteczki przebiegały całą tę odległość.

Osoby, uprawiające grę krokietową, wiedzą, jak się krokietuje kulę przeciwnika. W tym celu trzyma się swą kulę nieruchomo pod nogą tak, by dotykała kuli przeciwnika; jeżeli następnie uderzymy swą kulę młotkiem, nie poruszy się ona, lecz przenosi uderzenie na kulę przeciwnika z siłą tak wielką, że ta odbiega daleko. Wynik otrzymany tu jest zgodny z wynikiem otrzymanym dla całego szeregu kul.

45. Szybkość dźwięku..

Wstrząśnienia, które nazywamy dźwiękiem, wymagają pewnego czasu dla przejścia od armaty do naszego ucha. Dźwięk rozchodzi się wprawdzie bardzo szybko, jednak nie chwilowo. Gdy następuje wystrzał armatni na wielkiej od nas odległości, widzimy przedewszystkiem ogień i dym, a dopiero po kilku sekundach słyszymy huk. Te kilka sekund zużył dźwięk na przebieżenie od armaty do naszego ucha. Błysk ujrzeliśmy dokładnie w chwili wystrzału; notując więc chwilę ujrzenia bły-

sku oraz chwilę usłyszenia wystrzału, dowiemy się, ile czasu potrzebuje dźwięk dla przejścia od armaty do ucha. Przypuśćmy, że armata była na odległości 3400 metrów, i że pomiędzy chwilą ujrzenia błysku i usłyszenia wystrzału upłynęło 10 sekund; wówczas możemy twierdzić, że na przejście 3400 metrów w powietrzu dźwięk wymaga 10 sekund, czyli że się rozchodzi z szybkością 340 metrów na sekundę. Zgadza się to dość dobrze z istotną szybkością dźwięku.

W wodzie dźwięk rozchodzi się daleko szybciej, niż w powietrzu. Z doświadczeń, przeprowadzonych na jeziorze Genewskiem, wynika, że szybkość rozprzestrzeniania się dźwięku w wodzie jest prawie cztery razy większa, aniżeli w powietrzu. Jeszcze szybciej rozchodzi się dźwięk po drzewie lub po żelazie; po drzewie naprzykład dźwięk rozchodzi się 10 do 16 razy szybciej, niż po powietrzu, tak że po kłodach drewnianych przebiegać może więcej niż cztery kilometry w sekundzie.

46. Odgłos (echo).

Wystawmy sobie, że stoimy po środku wielkiego naturalnego amfiteatru, otoczeni doko-

ła skalistymi zrębami; wystrzelmy w tem miejscu ze strzelby. Huk, czyli uderzenie, pocznie rozchodzić się od strzelby, aż uderzy wreszcie o skały; tu zajdzie jednak coś osobliwego. Dźwięk po uderzeniu o skały, zważywszy, że dalej iść nie może, powraca znów ku nam; w tym szczególnym przypadku dźwięk powraca po tej samej drodze, po jakiej biegł przed uderzeniem, przebiegając wciąż 340 metrów w sekundzie. Wskutek tego w kilka sekund po wystrzale usłyszymy powtórnie dźwięk (huk) odbity od skał, jak gdybyśmy powtórnie wystrzelili. Dźwięk ten nazywa się **odgłosem**.

Widzimy z tego, że przy odgłosie dźwięk lub uderzenie trafia na przeszkodę i odbija się od niej. Nie zawsze dźwięk powraca po tej samej drodze, po której dążył przed odbiciem. Zależy to od postaci powierzchni, na którą pada. Bardzo ciekawe pod tym względem doświadczenie przedstawia załączony rysunek (fig. 22). Ustawiamy dwa wielkie reflektory (zwierciadła wklęsłe) na pewnej odległości jedno od drugiego; w pewnym punkcie jednego z nich, zwanym **ogniskiem**, kładziemy zegarek kieszonkowy, w ognisku zaś drugiego

zwierciadła, umieszczamy swe ucho. Wówczas słyszymy bardzo wyraźnie tykotanie zegarka, tak wyraźne, jak gdybyśmy go trzymali tuż przy uchu. Pochodzi to stąd, że uderzenia, udzielane powietrzu przez zegarek, trafiają na zwierciadło ustawione po lewej

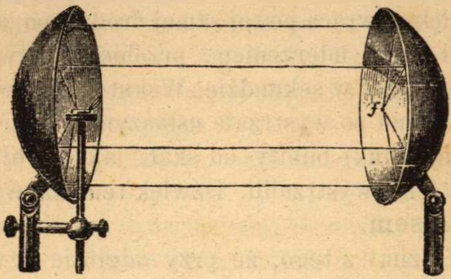


Fig. 22.

stronie, odbijają się od niego w takim kierunku, że padają na drugie zwierciadło i zostają przezeń odbite wprost do ucha. Wszystko to jest nakreślone na naszym rysunku. Ta własność dźwięku pozwala wprawdzie wykonać bardzo zajmujące doświadczenie, sprowadza jednak niekiedy skutki wcale niepożądane. Naprzykład opowiadają, że w kościele katedralnym w Girgenti na Sycylii najcichszy szept

przy drzwiach zachodnich przenosi się za wielki ołtarz, i że nieszczęśliwym trafem tuż koło tych drzwi ustawiono konfesyonał. Słuchacz, stojący za ołtarzem, mógł przeto słyszeć wyznania, wcale nie przeznaczone do wyjawienia publicznego. Zauważono to wreszcie i wybrano dla konfesyonału inne miejsce. Odbicie dźwięku objaśnia też tak zwane galerye szeptów. Naprzykład w kościele św. Pawła w Londynie szept przenosi się z jednej strony tumu na stronę przeciwną przez odległość bardzo znaczną.

47. W jaki sposob oznacza się ilość drgnień w sekundzie odpowiadającą pewnemu tonowi.

Dowiedzieliśmy się poprzednio, że, jeżeli ciało drgające udziela powietrzu niewielką ilość uderzeń w sekundzie, słyszymy ton nizki, gdy zaś uderzeń tych zachodzi w sekundzie bardzo wiele, powstaje ton wysoki. To, co nazywają **wysokością** tonu, zależy od ilości uderzeń, otrzymywanych przez powietrze w ciągu jednej sekundy. Za pomocą doświadczenia oznaczyć można, ile uderzeń w sekundzie odpowiada pewnemu tonowi. Rysunek

załączony (fig. 23) przedstawia przyrząd, służący do podobnych oznaczeń.

Po prawej stronie rysunku widzimy wielkie koło *A*, poruszane za pomocą korby *M*. Na obwód tego koła nasunięty jest mocny rzemień, łączący je z osią drugiego koła *B*. Pod-

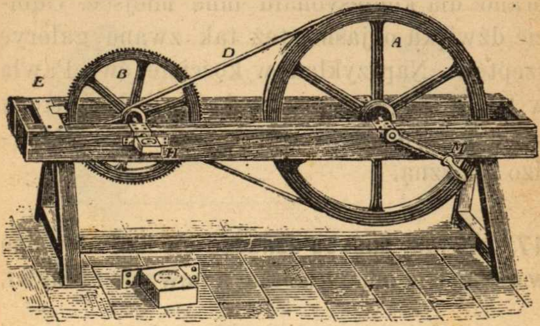


Fig. 23.

czas jednego obrotu koła *A* oś koła *B* wykonywa bardzo wiele obrotów; możemy przeto koło *B*, poruszające się wraz z tą osią, wprawić w bardzo szybki obrót. Koło *B*, jak to widzimy na rysunku, jest zazębione. W *E*, naprzeciwko koła *B*, umieszczona jest karta tak, że każdy ząb, przechodząc koło niej, uderza ją.

Za każdą razą, gdy ząb uderza o kartę, sły-

szymy stuknięcie, ponieważ karta oddaje uderzenie powietrzu. Jeżeli koło *B* posiada 100 zębów, powietrze przy każdym obrocie koła *B* otrzyma 100 uderzeń; jeżeli więc koło *B* wykonywa w sekundzie jeden obrót, powietrze otrzymuje w sekundzie 100 uderzeń, i 100 razy w sekundzie uderzenie wpada do naszego ucha; nie odróżniamy każdego stuknięcia z osobna i słyszymy ciągły nizki ton. Obracając korbę *M* dość szybko, możemy nadać kołu *B* 100 obrotów w sekundzie, i przy każdym obrocie karta otrzyma 100 uderzeń; w ciągu przeto sekundy karta zostanie uderzona 100 razy po 100 czyli 10 000 razy; 10 000 uderzeń potrącą nasze ucho w ciągu sekundy, i usłyszymy ciągły, wysoki ton.

Skoro chcemy oznaczyć ilość uderzeń w sekundzie, odpowiadającą danemu tonowi, postępujemy w sposób następujący: obracamy korbę coraz szybciej, aż karta pocznie wydawać ton o tej samej wysokości, co i ton badany. Skorośmy już uzyskali szybkość pożądaną, obracamy w dalszym ciągu korbę z tą samą szybkością przez pewien czas, naprzykład minutę lub dłużej.

Z kołem *B* połączone jest liczydło (przed-

stawione osobno w powiększonej postaci na dole rysunku), które pokazuje, ile razy karta została uderzona od chwili, gdyśmy poczęli obracać korbę. Ponieważ sami obracamy korbę wciąż ze stałą szybkością, sprawiającą ton właściwy, musimy więc wziąć kogoś do pomocy, mianowicie do oznaczania położenia wskazówki na liczydle na początku i na końcu minuty. Przypuśćmy, że za pomocą tego liczydła dowiadujemy się, że karta została w tej minucie uderzona 60 000 razy, co odpowiada 1000 uderzeń w sekundzie. Z tego wnioskować możemy, że ton uważany odpowiada 1000 uderzeń, udzielanych powietrzu w jednej sekundzie.

Ciała ogrzane.

48. Istota ciepła.

Wiemy już, że ciało poruszające się ruchem postępowym posiada energię; toż samo powiedzieliśmy o ciałach drgających. Prócz tego wiemy, że ciało drgające na skutek drgań nie przesuwa się z jednego miejsca na drugie, lecz, uważane jako całość, pozostaje w spo-

czynku, a tylko cząsteczki jego poruszają się w jedną i drugą stronę.

Przechodzimy teraz do rozważania ciał ogrzanych. Przedewszystkiem postawmy sobie pytanie, co to jest ciepło? Aby dać odpowiedź, włóżmy w ogień kulę żelazną; gdy się rozpali do czerwoności, wyciągnijmy ją z powrotem, połóżmy na szalkę wagi i, zrównoważywszy ciężarkami, pozostawmy aż do zupełnego wystygnięcia. Gdyby ciepło było szczególną materyą, która wchodzi w kulę przy ogrzewaniu, należałoby oczekiwać, że kula w miarę oziębiania się stawać się będzie coraz lżejszą. Lecz przy starannem przeprowadzeniu doświadczenia przekonamy się, że kula, oziębiając się, nie traci nic na ciężarze; ciepło więc jest czemś takiem, że obecność jego nie czyni kuli cięższą ani o jeden miligram.

Wystawmy sobie następnie, że stoimy na szalce delikatnej wagi i, gdy równowaga sprowadzoną została, każemy sobie wlać do ucha trochę wody. Rzeczą jest oczywistą, że stajemy się przez to cięższymi, niż byliśmy poprzednio. Przypuśćmy jednak, że dźwięk wpada do naszego ucha. Czy dźwięk uczyni nas cięższymi? Wcale nie. Uderza on w tak zwa-

ną błonę bębenkową ucha i wprawia ją w drganie, wskutek czego słyszymy dźwięk; lecz przez to, że dźwięk wpadł do naszego ucha, ciężar nasz nie powiększy się ani o odrobinę nawet. Otóż wejście wody, jest wejściem **materyi** i powiększa nasz ciężar, wpadnięcie zaś dźwięku jest tylko wejściem **ruchu drgającego** i nie robi nas wcale cięższymi. Czy coś podobnego nie zachodzi właśnie z ciałami ogrzanemi? Czy wejście ciepła nie oznacza wzbudzenia pewnego gatunku ruchu drgającego, czyli ruchu w tę i drugą stronę, co przecież wcale nie powiększy ciężaru ciała?

Na zasadzie poważnych danych twierdzić możemy, że ciepło jest istotnie pewnym gatunkiem ruchu drgającego, i że, gdy ciało zostało ogrzane, każda najdrobniejsza cząsteczka jego poczyna poruszać się w tę i drugą stronę, lub też krążyć dokoła. Cząsteczki te są tak nadzwyczajnie małe, a ruchy ich tak nadzwyczajnie szybkie, że oko nie może dostrzedz tego, co istotnie zachodzi.

Lecz zapytać można, dlaczego ciała rozżarzone nie wydają dźwięku, skoro ich cząsteczki znajdują się w stanie bardzo szybkiego ruchu? Czemu takie ciało nie udziela również

powietrzu wielkiej ilości słabych uderzeń, jak każde ciało, pozostające w stanie zwykłego ruchu drgającego? Odpowiadamy, że ciało rozżarzone również wymierza drobne uderzenia otaczającemu je ośrodkowi; uderzenia te nie są tego rodzaju, by mogły działać na **ucho**, lecz zato działają na **oko** i sprawiają w nim wrażenie światła. Zachodzi więc wielkie podobieństwo pomiędzy ciałem dźwięczącem, naprzykład dzwonem, i ciałem ogrzanem, naprzykład rozżarzoną kulą. Cząsteczki obu ciał poruszają się nader szybko; cząsteczki dzwona uderzają otaczające go powietrze, i ono przenosi uderzenia do naszego ucha; cząsteczki gorącej kuli również wywierają szereg uderzeń na ośrodek, znajdujący się dokoła niej, i ośrodek ten przenosi uderzenia do naszego oka. Przy doświadczeniach z ciałami drgającemi posługiwaliśmy się uchem, natomiast przy doświadczeniach z mocno ogrzanemi ciałami posługiwać się musimy okiem. W obu razach należy przyjmować pod uwagę dwie okoliczności: przy ciałach drgających należy naprzód poznać same ciała, poznać jak szybko drgają, jak drgają i t. d. i, powtóre, powinniśmy dowiedzieć się, jak szybko roz-

chodzi się po powietrzu dźwięk przez nie wydawany. Również i przy rozważaniu ciał ogrzanych należy przedewszystkiem poznać same ciała, a dopiero później szybkość, z jaką się rozchodzą po otaczającym ośrodku wysyłane przez nie promienie ciepła i światła.

49. Rozszerzanie się ciał pod wpływem ciepła.

Ciało pod wpływem ogrzewania prawie zawsze rozszerza się, t. j. staje się większem we wszystkich kierunkach. Aby to wykazać, będziemy ogrzewali ciało stałe, ciekłe i gazowe.

Doświadczenie 36. Bierzemy długą sztabkę metalową i przytwierdzamy ją nieruchomo na jednym końcu *B* za pomocą śruby (fig. 24). Drugi koniec sztabki może się rozszerzać swobodnie; przylega on do wskazówki *Z*, która przy wydłużaniu się sztabki podnosi się w górę. Gdy sztabka rozszerzy się choćby nieznacznie, rozszerzenie się jej stanie się dobrze widocznem, ponieważ sprawi ono wyraźną zmianę położenia wskazówki: przesunie się ona mianowicie ku górze. Ustawmy pod sztabką dwie lub trzy lampki i ogrzewajmy

ją; przekonamy się, że sztabka wydłuży się i naciskać pocznie na wskazówkę, która też przesunie się ku górze. Gdy później odsuniemy lampki, sztabka pocznie się oziębiać, i wskazówka po paru minutach powróci do swego położenia pierwotnego.

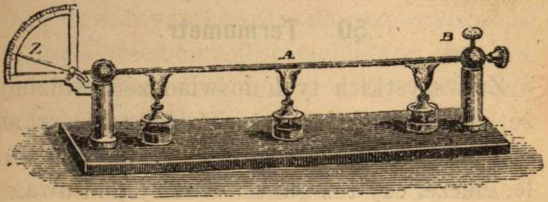


Fig. 24.

Doświadczenie 37. Bierzemy kulę szklaną napełnioną wodą. Przy ogrzewaniu kuli woda w cienkiej rurce, połączonej z kulą, podnosi się w górę. Kula szklana przy ogrzewaniu rozszerza się również, lecz woda rozszerza się mocniej, aniżeli kula szklana, i wskutek tego podnosi się w rurce w górę. Woda rozszerza się z bardzo wielką siłą; kula nasza pękłaby, gdyby nie była zaopatrzona w rurkę, w której woda wznosić się może.

Doświadczenie 38. Weźmy wreszcie pę-

cherz, napełniony w $^2/_3$ swej zawartości powietrzem. i ogrzewajmy go nad ogniem; przy ogrzewaniu należy go wciąż obracać, by się nie zapalił. W krótkim czasie powietrze rozszerzy się tak znacznie, że pęcherz będzie się wydawał napełnionym całkowicie.

50 Termometr.

Ze wszystkich tych doświadczeń widzimy, że ciepło posiada dążność do rozszerzania ciał niezależnie od tego, czy są to ciała stałe, ciecze, czy też gazy. Weźmy pod uwagę, w szczególności, pewną masę rtęci, zawartą w szklanej kulce (fig. 25); rtęć, podobnie jak woda, pod wpływem ciepła rozszerza się i podnosi w górę w rurce. Właściwie mamy tu dwa ciała rozszerzające się. Po pierwsze rozszerza się sama kulka: jeżeli zmierzymy dokładnie jej zawartość w stanie zimnym i gorącym, przekonamy się, że zawartość kulki ogrzanej jest większa. Lecz kulka rozszerza się nie tak mocno. jak rtęć; rtęć wskutek swej wielkiej rozszerzalności nie może zadowolnić się swą pierwotną wysokością w rurce, lecz musi zająć przestrzeń większą i wznosi się

w rurce. Ponieważ zaś rurka ta jest bardzo cienka, przeto niewielkie nawet rozszerzenie się rtęci powoduje znaczne wzniesienie się jej w rurce, łatwo dostrzegalne okiem. Istotnie nawet ciepło naszej ręki pędzi szybko rtęć w rurce do góry, a jeden powiew zimnego powietrza pędzi ją z powrotem na dół. Przyrząd taki przydatny jest bardzo do rozpoznawania, czy jakiś przedmiot jest cieplejszy, czy też zimniejszy od drugiego, i oddaje pod tym względem przysługi lepsze, niż zmysł dotyku. Jeżeli naprzykład kulkę tego przyrządu zanurzymy w naczynie z wodą i pozostawimy w niej przez kilka minut, wówczas wierzchołek rtęci w rurce przyjmie położenie stateczne. Zaznaczmy dokładnie to położenie, stawiając na tem miejscu rurki kreskę. Następnie wyciągnijmy nasz przyrząd z naczynia i zanurzmy w inne naczynie, również napełnione wodą. Jeżeli woda ta jest cieplejsza niż w pierwszem naczyniu, rtęć w rurce wzniesie się po nad kreskę, poprzednio zrobioną, t. j. wierzchołek rtęci stanie teraz wyżej; jeżeli zaś woda ta jest zimniejszą od wody w pierwszem naczyniu, rtęć opadnie poniżej tej kreski. Dostrzegając przeto wysokość

rtęci w rurce, możemy powiedzieć odrazu, czy woda w naczyniu drugiem jest cieplejsza, czy też zimniejsza, niż w pierwszem.

Przyrząd taki nazywa się **termometrem.** Zobaczmy, jak się go robi.

51. Jak się robi termometr.

W tym celu należy nabyć w składzie wyrobów szklanych cienką rurkę otwartą na jednym końcu, na drugim zaś zaopatrzoną w niewielką kulkę. Ogrzewa się kulkę nad płomieniem, przez co powietrze w kulce rozszerza się (zupełnie tak samo, jak przedtem przy ogrzewaniu pęcherza); lecz ponieważ drugi koniec rurki jest otwarty, rozszerzające się powietrze wychodzi na zewnątrz. Zanim powietrze wewnątrz zdoła się oziębić, zanurzamy otwarty koniec rurki pod powierzchnię rtęci w naczyniu. Pamiętajmy, że obecnie kulka zawiera mniej powietrza, niż przedtem, ponieważ część jego została usunięta przez ciepło. Pozostałe powietrze, gdy się oziębi, zajmie objętość mniejszą, i ciśnienie powietrza zewnętrznego wzniesie rtęć w rurce w górę; rtęć zapełni powstałą próżnię zu-

pełnie tak samo, jak woda w pompie wodnej (ust. 34). Pewna część tej rtęci wejdzie w kulkę. Skoro już mamy cokolwiek rtęci w kulce, ogrzewajmy naszą kulkę wraz z zawartą w niej rtęcią na płomieniu lampki; rtęć pocznie wkrótce wrzeć, i para jej wypędzi znajdujące się jeszcze wewnątrz powietrze, tak że wreszcie kulka i rurka wypełnione będą tylko parą rtęci. Gdy to nastąpi, zanurzamy jeszcze raz otwarty koniec rurki w naczynie z rtęcią. Ponieważ obecnie ani w kulce, ani w rurce niema już wcale powietrza, a jest tylko para rtęci, która przy oziębieniu skrapla się, przeto wewnątrz powstaje próżnia, i rtęć, w którą zanurzyliśmy otwarty koniec rurki, zostanie wzniesiona przez ciśnienie powietrza zewnętrznego w górę, aż wypełni całkowicie kulkę wraz z rurką; w taki sposób napełnia się nasz przyrząd rtęcią. Otóż teraz, zanim przyrząd ostygnie, należy zatkać szczelnie otwarty koniec rurki, mianowicie zatopić go, bacząc, by powietrze nie przedostało się do wnętrza. Gdy tego dokonamy, pierwsza część pracy zostanie ukończona.

Posiadając gotową rurkę termometryczną, zanurzamy ją, gdy dostatecznie ostygnie,

w naczynie z potłuczonym, topniejącym lodem. Jest rzeczą oczywistą, że słupek rtęci w rurce opadnie na dół, ponieważ lód jest zimny: wiemy przecież, że słupek rtęci opada, gdy kulka jest otoczona jakimkolwiek zimnem ciałem. Gdy rtęć przestanie już opadać, oznaczmy za pomocą pilnika na rurce położenie wierzchołka jej słupa. Wierzchołek słupa rtęci zajmie zawsze to położenie, gdy przyrząd nasz będzie zanurzony w topniejący lód, lub w coś, co jest tak samo zimne. Następnie zanurzmy kulkę z rurką we wrzącą wodę i oznaczmy również, jak poprzednio, na rurce położenie wierzchołka słupa rtęci. Rtęć podnosi się teraz, oczywiście, bardzo wysoko, ponieważ rozszerza się od gorącej wody. Mamy więc już dwie kreski na naszej wązkiej rurce: jedna oznacza wysokość słupka rtęci, gdy zanurzymy kulkę w topniejący lód, druga — wysokość słupka, gdy zanurzymy kulkę wraz z rurką we wrzącą wodę. Nieco później dowiemy się, że stopień gorąca wrzącej wody nie jest zupełnie stałym, lecz tymczasowo możemy uważać, że wrząca woda posiada stały, niezmienny stopień ciepła.

Posiadając w taki sposób dwie kreski, na-

kreślone lub wydrapane za pomocą pilnika na rurce termometrycznej, odpowiadające punktowi krzepnięcia i wrzenia wody, należy przedewszystkiem podzielić całą odległość pomiędzy tymi punktami na sto równych części. W tym celu pokrywamy całą rurkę cienką warstwą wosku i w odpowiednich miejscach wydrapujemy na woskowej powłoce ostrzem igły kreski. Następnie zanurzamy całą rurkę w roztwór fluorowodoru, który nie działa wcale na miejsca pokryte woskiem, lecz działa na szkło rurki w tych miejscach, z których wosk został usunięty za pomocą igły. Gdy wyjmiemy rurkę z tego roztworu, zobaczymy, że wszystkie kreski, zrobione igłą, zostały wygryzione kwasem na szkle. W taki sposób otrzymujemy skalę kresek, na której możemy się wznosić od punktu krzepnięcia wody, aż do punktu jej wrzenia przez 100 podziałek, czyli stopni;

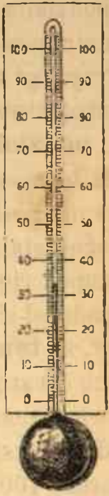


Fig. 25.

każda z nich oznacza coś cieplejszego, niż podziałki leżące pod nią, i coś zimniejszego, niż podziałki znajdujące się wyżej.

Wreszcie nazwijmy najniższą podziałkę stopniem 0, najwyższą stopniem 100 i napiszmy odpowiednie liczby przy każdej dziesiątej podziałce, leżącej pomiędzy nimi — a termometr nasz będzie gotowy.

Przyrząd taki nazywa się **termometrem stustopniowym,** co oznacza termometr ze **stu podziałkami**; jest-to najdogodniejsza skala termometryczna, i w dalszym ciągu zawsze nią posługiwać się będziemy.

Jeżeli stan cieplny jakiegoś ciała jest taki, że słupek rtęci termometru w nim zanurzonego podnosi się do podziałki 10, 20 lub 30, mówimy, że **temperatura** tego ciała wynosi 10, 20 lub 30 stopni i t. d. Topniejący lód posiada więc temperaturę 0 stopni (pisze się 0^0) na skali stustopniowej, a wrząca woda temperaturę 100 stopni (pisze się 100^0) na tej samej skali; 20^0 oznacza umiarkowane ciepło lata, a 35^0 oznacza mniej więcej temperaturę naszej krwi. W ogóle przyrząd dopiero co opisany daje nam bardzo dokładny środek do mierzenia temperatur.

52. Rozszerzanie się ciał stałych.

Sposobem podobnym do opisanego przy doświadczeniu 36, lecz dokładniejszym, oznaczono, o ile wydłużają się sztabki szklane lub metalowe pomiędzy punktem krzepnięcia i wrzenia wody, t. j. przy ogrzewaniu od 0^0 do 100^0 na termometrze. Otrzymane wyniki podane są w poniższej tabelce.

	Wydłużenie sztabki o długości 100000 milimetrów pomiędzy punktami krzepnięcia i wrzenia wody	
Szkło	85	milimetrów
Miedź	171	„
Mosiądz . . .	188	„
Żelazo miękkie .	120	„
„ lane . .	109	„
Stal	114	„
Ołów	282	„
Cyna	196	„
Srebro. . . .	192	„
Złoto	144	„
Platyna . . .	87	„
Cynk	298	„

53. Rozszerzanie się cieczy.

Ciecze rozszerzają się przy ogrzewaniu mocniej, niż ciała stałe. Nie możemy przeprowadzać doświadczeń ze sztabami ciekłemi, gdyż ciecz nie może utworzyć sztaby. W danym razie musimy przyjąć pewną określoną miarę, naprzykład litr i uważać, ile litrów przybędzie, gdy ogrzejemy aż do punktu wrzenia wody ciecz, która przy punkcie krzepnięcia wody zajmowała objętość 100000 litrów. Ogrzewając od 0^0 do 100^0, czyli od punktu krzepnięcia do punktu wrzenia wody 100000 litrów rtęci, przekonamy się, że przybędzie jej 1815 litrów, a ogrzewając w tych samych granicach 100000 litrów wody, przekonamy się, że jej przybędzie 4315 litrów.

Z doświadczeń takich dowiedziano się, że: **ciecze rozszerzają się mocniej, niż ciała stałe przy jednakowym przyroście temperatury, i że ciecze rozszerzają się przy wysokiej temperaturze mocniej, aniżeli przy nizkiej.**

54. Rozszerzanie się gazów.

Gazy rozszerzają się od ciepła bardzo znacznie. Nie należy jednak zapominać, że gazy

mogą się rozszerzać i od innych przyczyn, nietylko od ciepła. Przypomnijmy sobie balonik kauczukowy, napełniony powietrzem, umieszczony pod kloszem pompy pneumatycznej: rozszerzał się on, gdyśmy usuwali powietrze z pod klosza (doświadczenie 25). Skoro więc chcemy poznać, o ile rozszerzyła się od ciepła pewna objętość gazu, musimy baczyć, by powietrze, otaczające gaz badany, nie zmieniało swego ciśnienia. Możemy naprzykład wziąć pęcherz, zawierający nieco powietrza, i dostrzegać, jak mocno się on rozszerzy pomiędzy punktami krzepnięcia i wrzenia wody na otwartem powietrzu, t. j. pod stałem ciśnieniem atmosfery.

Przeprowadzając podobne doświadczenia, przekonalibyśmy się, że pęcherz, zajmujący przy punkcie krzepnięcia wody objętość 1000 centymetrów sześciennych, przy punkcie wrzenia wody zajmie objętość 1367 centymetrów sześciennych. Gdybyśmy przeto posiadali wielkie naczynie z wodą przy 0^0 i zanurzyli w tej wodzie nasz pęcherz o objętości 1000 centymetrów sześciennych, dostrzeglibyśmy, że woda w naczyniu wzniesie się do pewnej wysokości, wykazując powiększenie objętości o 1000 cen-

tymetrów sześciennych, gdyż jest to właśnie objętość pęcherza. Lecz jeżeli napełnimy to samo naczynie wodą wrzącą i zanurzymy w nią ten pęcherz, przekonamy się, że woda wzniesie się wyżej, niż przedtem, wykazując przyrost objętości o 1367 centymetrów sześciennych, ponieważ taka jest objętość pęcherza przy tej temperaturze.

55. Uwagi dotyczące rozszerzalności.

Ciecze i ciała stałe rozszerzają się z olbrzymią siłą. Jeżeli napełnimy całkowicie wodą żelazną wydrążoną kulę, zamkniemy ją szczelnie za pomocą śruby i następnie ogrzejemy, siła rozszerzalności zdoła rozsadzić kulę.

W wielkich mostach żelaznych i rurowych jest zawsze pomiędzy oddzielnemi częściami pozostawiona swobodna przestrzeń, by żelazo mogło się rozszerzać. Latem most jest nieco dłuższy, niż zimą, i gdyby żelazo nie miało miejsca do wydłużania się, siła, z jaką ono się rozszerza, mogłaby uszkodzić most.

Siła rozszerzania i kurczenia się jest w wielu razach bardzo pożyteczną, naprzykład przy wyrobie kół do wozów. Żelazna obręcz roz-

grzewa się aż do czerwoności i w takim stanie nasuwa się na obwód koła. Gdy następnie zostanie szybko ostudzona, kurczy się, ściska koło i trzyma się na nim bardzo mocno.

56. Ciepło właściwe.

Jedne ciała do ogrzania o jeden stopień wymagają więcej ciepła, niż inne. Ilość ciepła potrzebna do ogrzania jednego kilograma jakiegoś ciała o jeden stopień nazywa się **ciepłem właściwem** tego ciała. Woda posiada największe ciepło właściwe, to znaczy, że potrzeba więcej ciepła do ogrzania jednego kilograma wody o jeden stopień, niż do ogrzania o tyleż samo jakiegobądź innego ciała. Ciepło niezbędne do ogrzania o jeden stopień kilograma wody zdoła ogrzać 9 kilogramów żelaza, 11 kilogramów cynku i nie mniej niż 30 kilogramów rtęci lub złota również o jeden stopień.

Doświadczenie 39. Aby się przekonać, że woda posiada duże ciepło właściwe, ogrzejmy 2 kilogramy rtęci do 100^0, t. j. do punktu wrzenia wody, i zmieszajmy z jednym kilogramem wody przy zwyczajnej temperaturze.

Zwróćmy uwagę na wskazania termometru, zanurzonego w wodzie, przed i po zmieszaniu; przekonamy się, że po dolaniu gorącej rtęci termometr podniesie się zaledwie o 5 stopni.

57. Zmiana stanu skupienia.

Mówiliśmy powyżej o trzech stanach materyi: stanie stałym, ciekłym i gazowym. Ciało stałe przechodzi przy ogrzewaniu w ciecz, a następnie ze stanu ciekłego — w stan gazowy. W książeczce „Wstęp do nauk przyrodniczych“ *) jest mowa o tem, że lód, woda i para posiadają skład jednakowy, i że lód przy ogrzewaniu zamienia się na wodę, a przy dalszem ogrzewaniu woda zamienia się na parę. Takim samym zmianom ulegają i inne ciała w podobnych warunkach. Weźmy naprzykład kawałek metalu zwanego cynkiem i ogrzewajmy go; po pewnym czasie cynk roztopi się, a jeżeli będziemy go ogrzewać w dalszym ciągu, ulotni się wreszcie w postaci pary cynku. Nawet twarde żelazo lub stal można roztopić, a nawet zamienić na parę; za pomocą

*) Huxley. Wstęp do nauk przyrodniczych. Warszawa. 1884.

elektryczności (o której będzie mowa później) prawdopodobnie każde ciało można ogrzać tak mocno, że się zamieni na parę, czyli gaz.

Natomiast nie wszystkie ciała umiemy oziębić aż do przejścia ich w stan ciekły lub stały. Czystego alkoholu naprzykład nie zdołano jeszcze przez oziębienie doprowadzić do stanu stałego, lecz z wielką pewnością twierdzić możemy, że, by alkohol zamarzł, niezbędnem jest tylko jeszcze mocniejsze oziębienie. Również niedawno dopiero udało się oziębić powietrze atmosferyczne tak mocno, że się zamieniło na ciecz. Sądzić nie należy, że zimno jest czemś innem, jak tylko brakiem ciepła. Ciało zimne jest to ciało, zawierające mało ciepła; ciało jeszcze zimniejsze zawiera ciepła jeszcze mniej. Lecz nawet najzimniejsze, jakie tylko przedstawić sobie możemy, ciało zawiera w sobie cokolwiek ciepła. Pod tym względem nie należy się kierować jedynie tylko zmysłem dotyku. Dwa ciała mogą być o jednakowej temperaturze, jak wykazuje termometr, a jednak jedno z nich może się nam wydawać o wiele zimniejszem, niż drugie. Jeżeli potrzymamy przez jakiś czas jedną rękę w wodzie gorącej, drugą zaś w zimnej i następnie

zanurzymy obie ręce w wodzie o temperaturze zwyczajnej, woda ta dla jednej ręki wyda się ciepłą, dla drugiej zaś zimną. Nie powinniśmy więc kierować się niczem innem, jak tylko termometrem, ani też przypuszczać, że ciepło jest czemś innem, aniżeli tylko brakiem ciepła.

Powróćmy do naszego przedmiotu. Prawdopodobnie wszystkie ciała, gdyby mogły być dostatecznie oziębione — to znaczy, gdybyśmy mogli od nich odjąć dość wiele ciepła — mogłyby przejść w stan stały. A gdybyśmy znów każde z nich mogli dość mocno ogrzać, przeszłoby ono w ciecz, a następnie, przy dalszem ogrzewaniu, w parę lub gaz. Zachodzi wielka rozmaitość pod względem łatwości, z jaką różne ciała swój stan zmieniać mogą. Lód topi się bardzo szybko, skoro tylko ciepło doń jest doprowadzone; cynę i ołów należy ogrzać do 200 i 300 stopni, zanim topić się poczną; żelazo topi się trudniej, niż ołów, a platyna topi się jeszcze trudniej, niż żelazo.

Ciała, topiące się trudno, nazywają się ciałami **trudno topliwemi.**

Następująca tabelka zawiera temperatury,

przy jakich poczynają się topić niektóre najbardziej użyteczne ciała:

Lód	topi	się	przy	0^0
Fosfor	"	"	"	44^0
Parafina	"	"	"	49^0
Potas	"	"	"	58^0
Sód	"	"	"	97^0
Cyna	"	"	"	235^0
Ołów	"	"	"	325^0
Srebro	"	"	"	1000^0
Złoto	"	"	"	1250^0
Żelazo	"	"	"	1500^0

Platyna topi się z taką trudnością, że niełatwo jest podać temperaturę, przy jakiej to zachodzi.*)

Węgiel topi się z największą trudnością. Nawet w najgorętszym ogniu węgiel pozostaje ciałem stałem; nie widziano jeszcze nigdy, by się węgiel topił i przeciekał przez ruszt pieca.

Widzimy więc, że wszystkie ciała pod wpływem ciepła ulegają zmianom jednakowym. Gdybyśmy mogli otrzymać temperaturę dość

*) Temperatura topliwości platyny jest około 2000^0. *(Przyp. tłum.)*

nizką, wszystkie ciała mogłyby być stałemi, jak lód, a gdybyśmy mogli sprawić temperaturę dość wysoką, wszystkie ciała mogłyby przejść w stan gazowy, podobny do pary wodnej. Zmiany, jakie zachodzić mogą, są dla wszystkich ciał jednakowe; postąpimy też najlepiej, obierając wodę za wzór dla wszystkich ciał pod tym względem i rozważając zachowanie się jej wobec ciepła. Rozpoczniemy od wody w stanie stałym, t. j. od lodu.

58. Ciepło utajone wody.

Weźmy kawałek bardzo zimnego lodu, potłuczmy go na drobne części i w tym potłuczonym lodzie umieśćmy kulkę naszego termometru. Przypuśćmy, że termometr wskazuje 20 stopni pod punktem, który nazywamy 0^0. Gdy poczniemy lód ogrzewać, temperatura jego, jak to byłoby i z każdem innem ciałem w tych warunkach, pocznie się podnosić aż do 0^0; na tym punkcie temperatura się zatrzymuje i nie podnosi się, póki pozostaje jeszcze choćby odrobina lodu. Cóż sprawia obecnie ciepło, skoro nie podwyższa temperatury ponad ten punkt? Odpowiadamy, że ono **topi lód**. Na po-

czątku wszystkie ciepło zużywa się na podniesienie temperatury bardzo zimnego lodu, lecz gdy temperatura doszła do 0^0, ciepło ma już zupełnie inne zadanie do wypełnienia: teraz zużywa się ono całkowicie na topienie lodu. Gdy już wszystek lód się roztopi, woda posiadać będzie temperaturę również tylko 0^0, nie jest więc cieplejsza od topniejącego lodu. Woda przy 0^0 jest równoważna lodowi przy 0^0 wraz z pewną dość wielką ilością ciepła, zwanego **ciepłem utajonem**, ponieważ nie działa ono na termometr.

Doświadczenie 40. Możemy to sprawdzić, kładąc cokolwiek potłuczonego lodu na cynową szalkę i ogrzewając ją nad lampką, aż pozostanie tylko mała odrobina lodu nieroztopionego. Jeżeli wówczas w ten lód roztopiony zanurzymy termometr, przekonamy się, że temperatura jego jest mało co wyższa od 0^0, czyli że lód roztopiony jest tak samo zimny jak lód przed roztopieniem.

59. Ciepło utajone pary.

Zamieniliśmy już lód na wodę. Jeżeli w dalszym ciągu wodę tę ogrzewać będziemy, tem-

peratura jej, jak zwykle, podnosić się będzie, aż do punktu wrzenia, czyli do 100°. Wówczas temperatura wody przestaje się podnosić, i, ogrzewając wciąż wodę, sprawimy to, że pocznie się ona zamieniać na parę o temperaturze 100°, nie wyższej. Tak samo jak niezbędną była duża ilość ciepła do zamiany lodu przy 0° na wodę przy 0°, potrzebną też jest duża ilość ciepła do zamiany wody przy 100° na parę przy 100°. Możemy powiedzieć, że para przy 100° jest równoważna wodzie przy 100° wraz z pewną ilością ciepła, zwanego **ciepłem utajonem**, gdyż nie wywiera ono działania na termometr.

Doświadczenie 41. Możemy to wykazać, ogrzewając wodę we flaszce aż do wrzenia i zanurzając termometr przedewszystkiem we wrzącą wodę, a następnie w parę. Zauważymy, że w obu razach wskazania termometru otrzymują się jednakowe, że więc para nie jest cieplejszą od wrzącej wody.

Widzimy z tego, że lód musi pochłonąć ciepło utajone, by się zamienić na wodę i woda ze swej strony musi pochłonąć ciepło utajone, by się zamienić na parę. Można oznaczyć ile potrzeba ciepła do zamiany jednego kilogra-

ma lodu przy 0^0 na kilogram wody przy tej samej temperaturze; otóż potrzeba do tego tyle samo ciepła, ile jest w stanie ogrzać 79 kilogramów wody o jeden stopień. To właśnie rozumieć należy, mówiąc, że ciepło utajone wody wynosi 79. Znaleziono również, że ciepło utajone pary wynosi 537; to znaczy, że do zamiany jednego kilograma wody przy 100^0 na parę o tej samej temperaturze potrzeba tyleż samo ciepła, co i dla podwyższenia temperatury 537 kilogramów wody o jeden stopień.

Potrzeba więc wiele ciepła do roztopienia lodu; wiele też potrzeba na to czasu. Jest-to dla nas bardzo pomyślne; cóż bo byłoby, gdyby lód przy temperaturze topnienia przy najsłabszem ogrzaniu zamieniał się odrazu na wodę? W tym razie większa część powierzchni kuli ziemskiej nie mogłaby być zamieszkałą; lód na górach pewnego pięknego poranku na wiosnę odrazu roztopiłby się, i woda rzuciłaby się na dół takimi gwałtownymi strumieniami, że zmyłaby wszystko i zalałaby wielkie przestrzenie okolic, położonych niżej. Pomyślnem jest również dla nas i to, że potrzeba wiele ciepła do zamiany wody przy tem-

peraturze wrzenia na parę. Gdyby woda przy tej temperaturze przy najsłabszem ogrzaniu zamieniała się odrazu na parę, wówczas w każdym samowarze, w każdym kociołku zachodziłyby wybuchy, a maszyna parowa urządzić by się wcale nie dała.

Wiemy, że para jest gazem, jak powietrze; wiemy nadto ze „Wstępu do nauk przyrodniczych“, że właściwej pary widzieć nie można. Gdy woda wre w kociołku, tuż nad nim nie widać nic; dopiero na odległości 2—3 centymetrów daje się dostrzedz obłok pary. Tak samo tuż nad kominem lokomotywy, wypuszczającej parę, nic nie widać; dopiero w pewnej nad nim odległości widać kłęby pary.

To niewidzialne ciało, wydobywające się z kociołka, jest właśnie parą, widzialny zaś obłok składa się z drobnych kropelek wody, powstających z pary przy oziębianiu; jest to więc nie para, lecz woda. Właściwa para jest niewidzialną, jak powietrze lub jakibądź inny gaz.

60. Wrzenie i parowanie.

Dotychczas rozważaliśmy parę wodną, tworzącą się przy wrzeniu wody. Nie należy je-

dnak sądzić, że para nie tworzy się, jeżeli woda nie wre; takie przypuszczenie byłoby błędnem. Wiemy przecież, że z wody w naczyniu umieszczonem na ogniu wydziela się para przed rozpoczęciem się wrzenia. Każdy wie również, że mokry, czyli przesycony wodą przedmiot wysycha w pobliżu ognia, co oznacza, że woda wychodzi z niego pod postacią pary. Wydzielanie się pary z wody nie ogrzanej do punktu wrzenia zowiemy **parowaniem**, wydzielanie się zaś pary z wody wrzącej nazywamy **wrzeniem.** Różnica polega na tem, że przy ogrzewaniu wody na ogniu ciepło sprawia na początku dwa skutki, po pierwsze, ogrzewa wodę, a powtóre, zamienia część jej na parę. Skoro zaś temperatura wody podniesie się do 100°, czyli do punktu wrzenia, wówczas woda nie może już stać się jeszcze cieplejszą, i całkowite działanie ciepła polega na zamianie wody na parę. Przy wrzeniu para tworzy się nie tylko na powierzchni, lecz i wewnątrz cieczy, wskutek czego słyszymy bulgotanie: pęcherzyki pary wznoszą się ku powierzchni cieczy, pękają tam i giną w powietrzu.

61. Punkt wrzenia zależy od ciśnienia.

Dodać należy, że temperatura wrzenia, czyli stopień ciepła, przy którym woda wre, nie jest jakimś zupełnie określonym, niezmiennym punktem, jak punkt topnienia lodu, lecz zależy od ciśnienia powietrza. Gdy ciśnienie powietrza jest mniejsze, woda wre poniżej 100°. Na wierzchołku wysokiej góry ciśnienie powietrza, jak wiemy, jest mniejsze, aniżeli u jej podnóża, gdyż na wierzchołku góry mamy nad sobą mniejszy słup powietrza, mniejszy jego ciężar, czyli ciśnienie. Na szczycie Białej Góry (Mont Blanc) w Szwajcaryi woda wre przy 85°; podróżnik nie mógłby tam ugotować jaj na twardo, choćby gotował je przez kilka godzin, ponieważ 85° nie wystarcza do stwardnienia białka.

Natomiast w bardzo głębokiej kopalni znaleźlibyśmy punkt wrzenia wody powyżej 100°.

Doświadczenie 42. Następujące bardzo proste doświadczenie wykazuje, że temperatura wrzenia zależy od ciśnienia gazu lub powietrza na powierzchnię wody. Bierzemy szklaną kolbę napełnioną wodą; ogrzewamy wodę tak, by wrzeć poczęła, i utrzymujemy ją w tym

stanie przez pewien czas, aby powstająca para wypędziła powietrze z górnej części kolby. Wewnątrz kolby pozostaje tylko woda i para wodna. Wówczas zakorkujmy ją szczelnie, usuńmy lampę i przewróćmy kolbę, jak jest przedstawione na rysunku (fig. 26). Gdy wo-

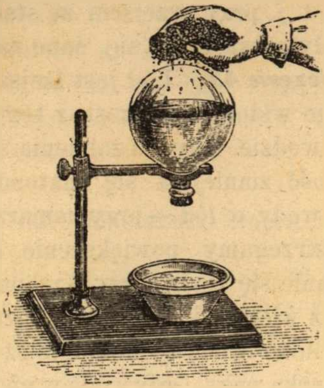


Fig. 26.

da wrzeć przestanie, nalejmy za pomocą gąbki zimnej wody na kolbę; woda znowu wrzeć zacznie. Pochodzi to stąd, że przedtem nim naleliśmy zimnej wody na kolbę, para wywierała na wodę w kolbie dość mocne ciśnienie, które nie dopuszczało wrzenia; zimna woda

sprawiła, że para skropliła się, a wskutek tego ciśnienie zmniejszyło się. Ponieważ woda wre z większą łatwością przy ciśnieniu nizkiem, aniżeli przy wysokiem, wrzenie w kolbie rozpoczyna się znowuż.

Zanim przejdziemy do następnego rozdziału, nadmienimy jeszcze, że niektóre ciała przy topnieniu, t. j. przy przejściu ze stanu stałego w ciekły rozszerzają się, inne zaś kurczą.

Doświadczenie 43. Lód jest lżejszy od wody; jest to widoczne wprost z tego, że lód pływa po wodzie. Gdy lód zamienia się na wodę, objętość zmniejsza się, natomiast przy przejściu wody w lód — przy zamarzaniu wody — dostrzegamy powiększenie objętości. Rozszerzanie się wody przy krzepnięciu odbywa się z wielką siłą. Grube żelazne naczynie napełnione wodą i zamknięte szczelnie za pomocą kurka pęka, gdy woda w niem zawarta zamarza. Stal, a prawdopodobnie i żelazo lane, podobnie jak lód, kurczą się przy topnieniu, czyli, co oznacza tożsamo, rozszerzają się, podobnie jak woda, przy krzepnięciu, t. j. przy przejściu w stan stały. Dla tego też kawałek rozpalonej do białości stali pływa po roztopionej stali, i, prawdopodobnie, rozpalony

do czerwoności kawałek żelaza pływa po roztopionem żelazie. Przeciwnie złoto, srebro i miedź rozszerzają się przy topnieniu i kurczą przy krzepnięciu; nalane w stanie płynnym w formy nie wypełnią po zakrzepnięciu wszystkich ich nierówności. Dlatego też nie można odlewać monet z tych metali, a należy wybijać je.

Przy zamianie na gaz wszystkie ciała rozszerzają się bardzo znacznie. Centymetr sześcienny wrzącej wody da prawie 1700 centymetrów sześciennych pary.

62. Inne skutki ciepła.

Wiemy już, że ciepło rozszerza ciała, to znaczy, czyni je większemi, i że może sprawić zmianę stanu ciała: pod działaniem ciepła z ciał stałych powstają ciecze, a z cieczy — gazy. Wiemy też, że ciepło jest nader potężnym czynnikiem: przy ogrzewaniu bardzo mocna i twarda sztaba żelazna zamienia się na rozpaloną aż do białości masę, miękką jak syrop, a przy jeszcze mocniejszem ogrzaniu zamienia się na parę,

Prócz tych ciepło sprawia inne jeszcze skut-

ki, naprzykład pobudza do działania przyciąganie chemiczne. Węgiel przy nizkiej temperaturze nie łączy się z tlenem powietrza; dzięki temu możemy przechowywać bezpiecznie swój węgiel w przeznaczonem dla niego miejscu tak długo, jak się nam spodoba. Lecz skoro doprowadzimy dostateczną ilość ciepła, występuje połączenie; ponieważ zaś łączenie się węgla z tlenem ze swej strony wydziela ciepło, przebieg łączenia odbywa się w dalszym ciągu. Mówimy, że węgiel się pali.

Podobnież przy doświadczeniu, w którem łączą się razem siarka i miedź (patrz Chemia, rozdział 6), należy przedewszystkiem doprowadzić pewną ilość ciepła, aby proces łączenia rozpoczął się. Wówczas ciepło poczyna się wydzielać, łączenie się postępuje w dalszym ciągu samo przez się i nie wymaga już ogrzewania lampką.

63. Mieszaniny oziębiające.

W chemii jest mowa o tem, że chemiczne łączenie się dwu ciał (Chemia, ust. 7) wydziela ciepło, i że tak zawsze bywa. Jednak niekiedy przy mieszaniu się dwu ciał, które po-

siadają dążność do tworzenia roztworu, wydziela się nie ciepło, lecz chłód. Zwyczajna sól i śnieg posiadają dążność do tworzenia roztworu; tworząc go, sprawiają mocne zimno, czyli, mówiąc dokładniej, pochłaniają bardzo wiele ciepła.

Doświadczenie 44. Aby to wykazać, zmieszajmy szybko nieco topniejącego lodu lub śniegu z solą i zanurzmy w tę mieszaninę kulkę naszego termometru. Rtęć opadnie wkrótce poniżej 0°; wynika stąd, że mieszanina nasza jest zimniejsza, aniżeli topniejący lód.

Skąd to pochodzi? Otóż pochodzi to stąd. że po zmieszaniu razem obu ciał otrzymujemy już nie ciało stałe, lecz ciecz, mianowicie mocny roztwór soli. Powyżej była mowa o tem, że ciepło znika, czyli utaja się, gdy ciała przechodzą ze stanu stałego w ciekły, gdy naprzykład lód zamienia się na wodę. Ponieważ woda słona jest cieczą, przeto, tworząc się, pochłania część ciepła śniegu i soli. Wskutek tego przez połączenie dwu ciał stałych otrzymujemy bardzo zimną ciecz. Skoro więc dwa ciała stałe rozpuszczają się jedno w drugiem, dostrzegamy bardzo często obniżanie się temperatury, ponieważ ciepło zostaje pochłonięte

przez ciecz. Mówimy, że dwa takie ciała tworzą **mieszaninę oziębiającą.**

Z tego samego powodu ciecz, zmuszona do bardzo szybkiego parowania, jest bardzo zimna, gdyż do zamiany na parę lub gaz wymaga ona znacznej ilości ciepła i pochłania je, skąd tylko może. Jeżeli nalejemy na rękę parę kropel eteru, odbieramy wrażenie silnego zimna, ponieważ eter szybko paruje i zabiera ciepło z ręki. Przez pobudzenie do szybkiego parowania pewnych cieczy można otrzymać niekiedy bardzo nizkie temperatury, czyli bardzo mocne oziębienie.

Doświadczenie 45. Aby to wykazać, nalewamy w niewielkie płaskie naczynie wody, umieszczamy je wraz z miseczką, zawierającą stężony kwas siarczany, pod kloszem pompy pneumatycznej i wyciągamy powietrze. Skoro tylko ciśnienie powietrza zostanie usunięte, pewna część wody nader szybko paruje, pozostała woda dostarcza potrzebnego do tego ciepła, a wskutek tego oziębia się tak mocno, że zamarza.

64. Rozchodzenie się ciepła.

Przechodzimy teraz do innej części nasze-

go przedmiotu; rozważać będziemy dążność ciepła do rozprzestrzenienia się.

Ciało gorące nie pozostaje wciąż gorącem, lecz oddaje część swego ciepła otaczającym ciałom zimniejszym; dzieje się to zawsze, lecz różnymi sposobami, zależnie od okoliczności.

Doświadczenie 46. Włóżmy naprzykład jeden koniec pogrzebacza żelaznego w ogień. Pewna ilość ciepła ognia wchodzi w część pogrzebacza, znajdującą się w ogniu, i rozchodzi się wzdłuż niego, aż ogrzeje koniec najbardziej oddalony od ognia. Ogrzeje się on wreszcie tak mocno, że wziąć go w rękę nie można. Takie rozchodzenie się ciepła wzdłuż pogrzebacza nazywa się rozprzestrzenianiem się ciepła przez **przewodnictwo.**

Doświadczenie 47. Ogrzewajmy z dołu flaszkę napełnioną do $^2/_3$ wysokości wodą. Cząsteczki wody, znajdujące się na dole, przy ogrzewaniu rozszerzają się, stają się przez to lżejszemi; wskutek tego wznoszą się w górę tak samo, jak korek wznosi się w wodzie w górę; zimniejsze zaś, cięższe cząsteczki zstępują na dół i zajmują miejsce pierwszych. W taki sposób wciąż nowy szereg cząsteczek wystawiony jest na ciepło lampy, i po pewnym

czasie wszystka woda ogrzeje się dość mocno i poczyna wrzeć. Taki proces nazywa się **roznoszeniem** (lub **konwekcyą**) ciepła.

Żaden ze wskazanych sposobów nie objaśnia, jak dochodzi do nas ciepło słoneczne. Przy przewodnictwie i przy konwekcyi ciepło rozchodzi się za pośrednictwem cząsteczek ciała stałego lub cieczy; wiele powodów zmusza nas do przypuszczenia, że pomiędzy nami a słońcem niema takich cząsteczek. Wiemy jednak, że światło i ciepło słoneczne wymagają mniej aniżeli 9 minut do przedostania się od słońca przez odległość 21 milionów mil do nas. Rzeczą jest oczywistą, że ciepło słoneczne, poruszające się z taką wielką szybkością, dochodzi do nas nie przez to, że ogrzewa cząsteczki, znajdujące się pomiędzy słońcem i nami. W jasny dzień zimowy promienie słoneczne działać mogą silnie, jakkolwiek powietrze jest bardzo zimne. Otóż sposób, w jaki ciepło przychodzi od słońca do nas, nazywa się **promieniowaniem ciepła**.

Mamy więc trzy sposoby, jakimi ciało ogrzane udzielać może ciepło ciału zimnemu, mianowicie przewodnictwo, roznoszenie i promieniowanie. Rozważmy je kolejno.

65. Przewodnictwo ciepła.

Powiedzieliśmy, że jeżeli włożymy jeden koniec pogrzebacza w ogień, drugi jego koniec stanie się wkrótce tak gorącym, że niepodobna będzie utrzymać go w ręku. Jeżeli zamiast pogrzebacza lub sztaby metalowej włożymy w ogień koniec sztaby szklanej lub fajansowej, drugi jej koniec nie będzie zbyt gorącym, ponieważ szkło nie jest tak dobrym przewodnikiem ciepła jak metal.

Wełna i pierze są jeszcze gorszymi przewodnikami; dla tego też przyroda wybrała je na odzież dla zwierząt; stopień ciepła zwierzęcia jest zwykle wyższy, aniżeli ciał otaczających, a ciepło nie łatwo przechodzi przez odzież z wełny, pierza lub przez futro, którem jest zabezpieczone zwierzę. Znajduje to również zastosowanie przy kotłach w maszynach parowych; aby ciepło z nich nie uchodziło, okrywają je futerałami, wyrobionymi ze złych przewodników ciepła.

Zły przewodnik bywa użytecznym nie tylko przez to, że nie pozwala ciepłu **uchodzić**, lecz niekiedy i przez to, że nie pozwala ciepłu **wchodzić**. Możemy naprzykład użyć flaneli

do okrycia naszego ciała, by ciepło z niego nie uchodziło. Lecz jeżeli chcemy przechować kawałek lodu, możemy go również okryć flanelą. Ciepło przechodzi przez flanelę bardzo wolno niezależnie od tego, czy przedostaje się ono ze strony wewnętrznej na zewnętrzną, czy też z zewnętrznej na wewnętrzną.

Doświadczenie 48. Z łatwością wykazać można, że różne ciała posiadają rozmaite przewodnictwo cieplne. Na załączonym rysunku (fig. 27) widzimy dwie sztaby, miedzianą i żelazną, połączone razem na jednym końcu; ten ich wspólny koniec ogrzewa się za pomocą lampki. Po pewnym czasie połóżmy kawałek fosforu na odsuniętym od ognia końcu sztaby miedzianej. Fosfor zapala się natychmiast.

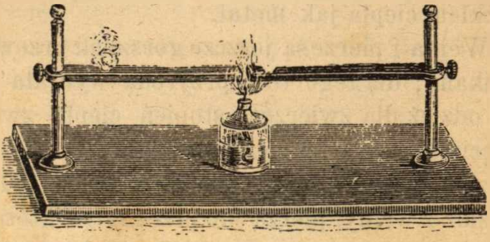


Fig. 27.

Umieśćmy drugi kawałeczek fosforu na takiej samej odległości od ognia na sztabie żelaznej; fosfor się nie zapali. Wynika stąd, że ciepło rozchodzi się lepiej po miedzi, aniżeli po żelazie.

Przewodnictwem ciepła objaśnić można urządzenie lampy bezpieczeństwa, obmyślanej przez H. Devy'ego dla górników. Opis tej pożytecznej lampy podany jest w Chemii (ust. 41, str. 64).

66. Roznoszenie (konwekcya) ciepła.

Weźmy naczynie z wodą i złóżmy na jej powierzchni naczyńko napełnione wrzącą oliwą takie, by pływało po wodzie; przekonamy się, że ciepło oliwy przechodzi nader wolno przez ciecz na dół: na głębokości kilku cali trudno już dostrzedz podwyższenie temperatury. Lecz jeżeli wodę w naczyniu będziemy ogrzewali nie z góry, lecz z dołu, wszystka woda ogrzeje się w krótkim czasie tak, że pocznie wrzeć. Cząsteczki ogrzane, a wskutek tego lżejsze, jakeśmy już mówili, wznoszą się w górę, a miejsce ich zajmują przychodzące z góry cząsteczki zimniejsze, cięższe; w wodzie

powstają prądy, oznaczone na rysunku za pomocą strzałek (fig. 28). Woda ogrzana wznosi się po środku w górę, woda zaś zimna opuszcza się po bokach na dół.

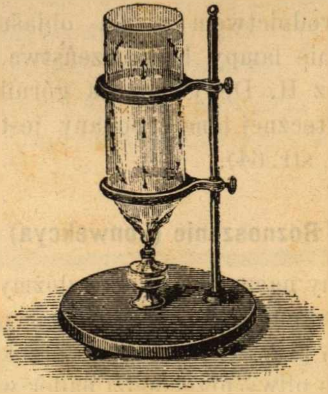


Fig. 28.

W przyrodzie znajdujemy wiele pouczających przykładów roznoszenia ciepła. Przykład taki daje nam naprzykład jezioro bardzo oziębione na powierzchni podczas wielkich mrozów. Cząsteczki wody, znajdujące się na powierzchni, oziębiają się przedewszystkiem, stają się przez to cięższemi i opadają na dół; miejsce ich zajmują lżejsze i cieplejsze cząsteczki z do-

łu. Wkrótce cała masa wody oziębia się do temperatury około 4^0 powyżej punktu krzepnięcia wody; odtąd przy mocniejszem jeszcze oziębianiu woda rozszerza się, przeciw prawu ogólnemu, według którego powinna się kurczyć, a gdy się utworzy lód, pływa on po powierzchni wody, ponieważ jest od niej lżejszy.

Gdyby lód był cięższy od wody, opadałby natychmiast po utworzeniu się na dno, wciąż świeża powierzchnia wody byłaby wystawiona na działanie zimna, i wkrótce całe jezioro zamieniłoby się w jedną masę lodu. W rzeczywistości zimno może oziębić aż do zamarznięcia następną warstwę wody tylko przez lód, w jaki się zamieniła warstwa pierwsza. Lecz ten proces przewodnictwa odbywa się nader wolno, niema przeto obawy, by jezioro na całej głębokości zamarznąć mogło.

W powietrzu mamy silne prądy, spowodowane ogrzewaniem. Wszak powietrze ogrzane od ognia wznosi się przez komin w górę, a miejsce jego zajmuje zimne powietrze z pokoju. Toż samo na większą skalę zachodzi w potężnym systemacie wiatrów. W okolicach powierzchni ziemi, leżących w pobliżu równi-

ka, gdzie słońce grzeje najmocniej. ogrzane powietrze wznosi się w górę tak samo, jak w kominie powietrze ogrzane od ognia. Na miejsce tego powietrza wchodzą prady powietrza, wiejące z biegunów, czyli zimniejszych części powierzchni ziemi. Mamy więc na równiku szereg prądów, skierowanych w górę, które w górnych okolicach atmosfery przenoszą ogrzane powietrze ku biegunowi; inne zaś prądy, wiejące na powierzchni ziemi od biegunów, przenoszą powietrze oziębione z powrotem ku równikowi. Te prądy powietrza, wiejące na powierzchni ziemi od biegunów ku równikowi, nazywają się **pasatami** czyli **wiatrami stałymi** (Geografia fizyczna, str. 61, art. 101).

67. Ciepło promieniste i światło.

Trzecim sposobem, w jaki ciało ogrzane swe ciepło oddawać może, jest promieniowanie; w taki właśnie sposób ciepło słoneczne dochodzi do naszej ziemi. Aby mieć przykład promieniowania, dość stanąć w pobliżu pieca. Gdy stoimy przed mocnym ogniem, twarz i oczy nasze mogą ucierpieć od gorąca. Lecz nawet z kociołka napełnionego gorącą

wodą wydziela się ciepło promieniste, jakkolwiek te promienie cieplne nie mogą tak, jak promienie od ognia lub słoneczne, przenikać w oko i sprawiać w nim wrażenie światła. Przy ogrzewaniu jakiegobądź ciała, naprzykład kuli glinianej, dostrzegamy objawy następujące: przedewszystkiem temperatura ciała poczyna się podnosić, i ciało poczyna wysyłać promienie cieplne; są to jednak promienie ciemne, nie działające na oko; przy dalszem ogrzewaniu niektóre promienie, wysyłane przez ciało, zaczynają działać na oko, i ciało wydaje się rozpalonem do czerwoności; następnie staje się ono rozpalonem do żółtości, później do białości, a wreszcie rozpala się ono do tego stopnia, że wysyłać poczyna światło, podobne do światła słonecznego. Zastanówmy się w dalszym ciągu cokolwiek nad świecącymi promieniami. wysyłanymi przez ciało rozżarzone.

68. Szybkość światła.

Astronom duński Römer pierwszy oznaczył szybkość, z jaką światło rozchodzi się w przestrzeni. Aby zrozumieć to, wystawmy sobie, że gdzieś daleko strzelają z armaty. Widzi-

my błysk światła, a po kilku sekundach dopiero słyszymy wystrzał. Huk dochodzi widocznie do naszego ucha nie w tej samej chwili, kiedy następuje wystrzał, ponieważ pozostaje w tyle za światłem. Lecz czy światło dochodzi do nas w jednej chwili? Czyż nie może być tak, że światło i dźwięk wychodzą z armaty jednocześnie, jedno i drugie wymagają pewnego czasu, aby dojść do nas, i że światło prześciga i przychodzi pierwszem? Na to pytanie odpowiedź dać może jedynie tylko dostrzeżenie lub doświadczenie; Römer rozwiązał je przez dostrzeżenie.

Istnieje wielka planeta zwana Jowiszem, która bywa niekiedy bardzo daleko od nas odsuniętą, niekiedy zaś bywa, stosunkowo, blizko. Planeta ta posiada kilka satelitów, czyli drobnych towarzyszów; jeden z nich w jednakowych odstępach czasu przechodzi przez tarczę, czyli powierzchnię Jowisza. Za pomocą dobrego teleskopu można dostrzedz przejście małego satelity, podobnego do małej czarnej plamki, przez wielką tarczę planety. Otóż Römer dostrzegł, że gdy Jowisz znajduje się od nas bardzo daleko, satelita przechodzi przez jego tarczę później, aniżeliby należało, i wy-

wnioskował z tego, że z ziemi widzimy przejście satelity przez tarczę Jowisza nie w tej samej chwili, gdy ono zachodzi, lecz że potrzeba pewnego czasu na to, aby światło doszło od Jowisza do naszego oka tak samo, jak potrzeba pewnego czasu, aby huk dalekiego wystrzału doszedł do naszego ucha.

Widzimy więc, że światło tak samo jak dźwięk wymaga czasu do rozchodzenia się, lecz że światło rozchodzi się dalego szybciej, aniżeli dźwięk. Światło przebiega przestrzeń z olbrzymią szybkością, wynoszącą 300000 kilometrów na sekundę, dźwięk zaś rozchodzi się z szybkością 340 metrów na sekundę. Światło potrzebuje zaledwie $8^2/_3$ minuty dla przejścia od słońca do nas, chociaż odległość słońca od nas wynosi około 21 milionów mil. Gdyby więc słońce raptownie zagasło, dostrzeglibyśmy to dopiero po upływie $8^2/_3$ minuty.

Nie należy jednak wystawiać sobie, że światło składa się z drobniutkich cząsteczek, wyrzucanych przez ciała rozżarzone i przebiegających przestrzeń z olbrzymią szybkością, wynoszącą 40400 mil na sekundę. Gdyby tak było, promień światła obaliłby nas. Mówiąc, że promień światła wpada do oka, rozumiemy

przez to coś podobnego do tego, co rozumiemy mówiąc, że dźwięk wpada do ucha. Gdy słyszymy huk wystrzału, sądzić nie należy, jak to już wyjaśniliśmy poprzednio, że cząsteczki powietrza przebiegły całą przestrzeń od działa do naszego ucha. Również, gdy widzimy promień światła, nie należy sądzić, że drobne cząsteczki świecącego ciała wpadają w nasze oko. W obu przypadkach przez ośrodek, znajdujący się pomiędzy ciałem i nami, przebiega uderzenie czyli fala; uderzenie to rozchodzi się od jednej cząsteczki do drugiej w sposób opisany przy doświadczeniu z kulkami z kości słoniowej (ust. 44).

69. Odbicie światła

Promień światła, padający na wygładzoną powierzchnię metalową, odbija się od niej. Trzymając przed zwierciadłem zapaloną świecę, widzimy w niem obraz świecy: promienie światła padają na zwierciadło i są przezeń odbite w nasze oko, jak gdyby wychodziły z samego zwierciadła, a nie ze świecy.

Doświadczenie 49. Aby zrozumieć, jak zachodzi odbicie światła, weźmy gładką pozio-

mą powierzchnię metalową, mianowicie nalejmy cokolwiek rtęci w płaskie naczynie. Następnie ustawmy nad rtęcią załamaną rurkę, otwartą na dole, jak to jest wskazane na rysunku (fig. 29), i wpuśćmy do rurki przez jej prawy koniec światło świecy. Jeżeli umieścimy oko przed lewym końcem rurki, ujrzymy światło świecy odbite od powierzchni rtęci.

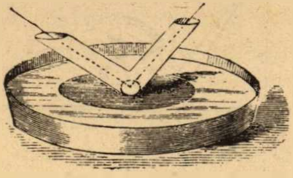


Fig. 29.

W tem doświadczeniu światło świecy biegnie w jednej rurce na dół, pada na powierzchnię rtęci, odbija się i wznosi w górę w drugiej rurce aż do oka. Aby to jednak zajść mogło, powinny być wypełnione dwa warunki; po pierwsze, obie rurki muszą być **jednakowo nachylone** ku powierzchni rtęci, i, po wtóre, **jedna rurka powinna być umieszczona naprzeciwko drugiej,** tak by utworzyły jedną linię prostą, gdyby jednocze-

śnie opadły. Gdy więc promień światła pada na wygładzoną powierzchnię, promień odbity jest nachylony względem niej tak samo, jak promień padający, i oba promienie, gdyby upadły pionowo na tę powierzchnię, utworzyłyby jedną linię prostą.

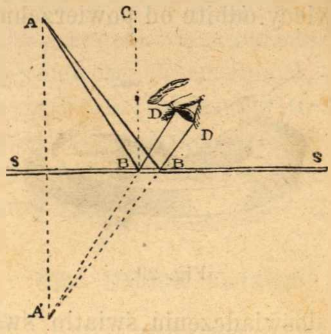


Fig. 30.

Bez znajomości geometryi nie można dokładnie zrozumieć praw odbicia światła. Załączony rysunek pozwoli choć do pewnego stopnia zdać sobie z nich sprawę. Na fig. 30 *A* oznacza punkt świecący, wysyłający światło, a *SS* oznacza zwierciadło. *AB* i *AB'* są dwa promienie, wychodzące z *A* i padające na

zwierciadło w punktach *B* i *B'*. Następnie biegną one do oka obserwatora w kierunkach *BD*, *B'D'*, ponieważ nachylenie promienia padającego *AB* równa się nachyleniu promienia odbitego *BD*, a nachylenie promienia padającego *AB'* jest takie samo, jak nachylenie promienia odbitego *B'D'*. Gdybyśmy przedłużyli kierunki obu promieni odbitych *BD* i *B'D'* pod zwierciadło, przecięłyby się one w punkcie *A'*, leżącym w takiej samej odległości pod zwierciadłem, w jakiej punkt świecący *A* znajduje się nad zwierciadłem. Oku wydaje się, że promienie wychodzą z *A'*; przeto miejsce pozorne obrazu odbitego *A'* znajduje za zwierciadłem w odległości równej oddaleniu punktu świecącego *A* od zwierciadła.

Wskutek tego, stojąc przed zwierciadłem, widzimy własny swój obraz zawsze w takiej odległości za zwierciadłem, w jakiej my sami stoimy przed zwierciadłem; gdy podchodzimy do zwierciadła, obraz zbliża się doń również; gdy się znów oddalamy, obraz oddala się również i t. d. Dostrzegamy jednak pewną różnicę, mianowicie że **nasza prawa ręka jest ręką lewą na obrazie, i w ogóle prawa nasza strona jest lewą stroną na**

obrazie; lecz pod innymi względami obraz jest dokładną kopią nas samych.

Na rysunku (fig. 31) widzimy na dole obraz górnej jego części; dostrzegamy, że na obrazie głoski idą w porządku alfabetycznym od prawej ręki ku lewej, a nie od lewej ku prawej.

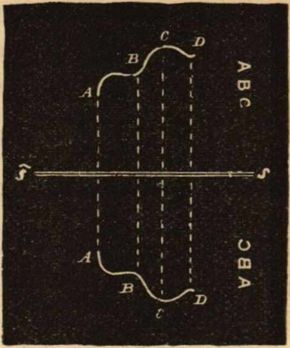


Fig. 31.

Jeżeli błyszcząca odbijająca powierzchnia nie jest płaską, powstają niekiedy obrazy bardzo osobliwe. Przyjrzyjmy się naprzykład błyszczącej powierzchni rtęci w kulce termometru. Dojrzymy w niej bardzo mały wykrzy-

wiony obraz siebie i całego pokoju; obraz dalszych części pokoju będzie nadzwyczaj mały.

Weźmy znów dwa błyszczące zwierciadła wklęsłe, przedstawione na fig. 22, lecz zamiast kłaść, jak poprzednio, w ognisku jednego zwierciadła zegarek, a w ognisku drugiego umieszczać ucho, umieśćmy w ognisku jednego kulę rozżarzoną do czerwoności, a w ognisku drugiego rękę; poczujemy wkrótce, że jest tam zbyt gorąco. Gdybyśmy posiadali dwa wielkie reflektory tego rodzaju, i gdyby w ognisku jednego palił się ogień, moglibyśmy w ognisku drugiego upiec kawałek mięsa, chociażby zwierciadła znajdowały się na odległości 20 metrów jedno od drugiego. Pochodzi to stąd, że promienie cieplne od ognia, palącego się w ognisku jednego zwierciadła, padają przedewszystkiem na to zwierciadło i zostają przezeń odbite w takich kierunkach, że padają na drugie zwierciadło, które też odbija je tak, że wszystkie spotykają się w jego ognisku. Mamy więc ogień, palący się w ognisku jednego zwierciadła, i obraz ognia w ognisku drugiego; obraz ten jest tak gorący, że w nim upiec można kawałek mięsa.

70. Załamanie światła.

Doświadczenie 50. Połóżmy jakiebądź nieduże ciężkie ciało na dno glinianego lub cynowego naczynia i umieśćmy oko w takiem położeniu, aby brzeg naczynia zasłonił właśnie przedmiot ten od naszego oka. Skoro nalejemy do naczynia wody, mały przedmiot na dnie stanie się widzialnym. Skąd to pochodzi?

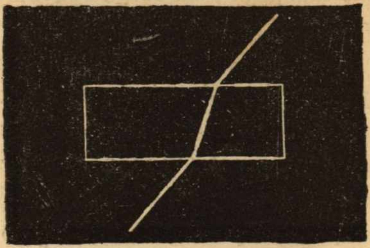


Fig. 32.

Stąd, że kierunek promienia światła, idącego od przedmiotu na dnie naczynia, zostaje odchylony, gdy promień wychodzi z wody; wskutek tego możemy przedmiot ten widzieć przez brzeg naczynia, a gdyby przedmiotem tym była mała rybka, dojrzałaby ona nas również.

Wynika stąd, że promień światła, padający ukośnie na powierzchnię wody, załamuje się po wejściu w wodę tak, że się staje mniej ukośnym. Przeciwnie promień światła, wychodząc z wody, załamuje się tak, że po wyjściu na powietrze jest bardziej nachylony ku powierzchni wody. Toż samo zaszłoby, gdyby promień, zamiast na powierzchnię wody, padał na powierzchnię przezroczystego szkła; promień padający ukośnie po wejściu w szkło

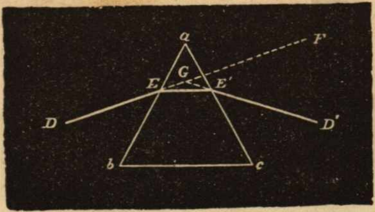


Fig. 33.

będzie mniej nachylony ku powierzchni szkła. Gdybyśmy wzięli płaski, gruby kawałek szkła (fig. 32), promień światła obrałby drogę, nakreśloną na rysunku; widzimy, że droga promienia przed wejściem jego w szkło i po wyjściu ze szkła posiada ten sam **kierunek** (lecz

nie tworzy jednej **linii prostej**), droga zaś wewnątrz szkła posiada kierunek inny.

Przypuśćmy jednak, że nasz kawałek szkła nie jest płaski, lecz posiada kształt klina; niechaj przecięcie jego wskazuje nam fig. 33, a cały klin niechaj ma kształt przedstawiony na fig. 34. Taki kawałek szkła nazywa się **pryzmatem**. Zobaczmy, w jaki sposób załamuje się promień światła przy przejściu przez taki pryzmat. Na rysunku (fig. 33) widzimy, że promień zostaje odchylony ku najgrubszej części pryzmatu. Kierunek promienia zostaje istotnie zmieniony zupełnie.

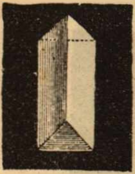


Fig. 34.

Widzimy z tego, że promień światła, przechodzący przez kawałek szkła w kształcie klina, zostaje odchylony ku najgrubszej części klina.

71. Soczewki i obrazy przez nie utworzone.

Zmieńmy teraz kształt kawałka szkła w sposób następujący: niechaj on będzie okrągły, jak pieniądz, lecz grubszy po środku niż po brzegach, tak że z góry wydaje się okrągłym,

z boku zaś takim, jak na załączonym rysunku (fig. 35).

Taki kawałek szkła nazywa się **soczewką**. Przypuśćmy, że wiązka promieni pada zdala na soczewkę. Cóż zajdzie? Soczewka działa, jak okrągły klin; ponieważ zaś najgrubsza część mieści się po środku, przeto wszystkie promienie dokoła zostaną odchylone ku środkowi soczewki.



Fig. 35.

Istotnie, skupiają się one w jednym punkcie, lub też prawie w jednym punkcie, co widocznem jest z rysunku (fig. 36).

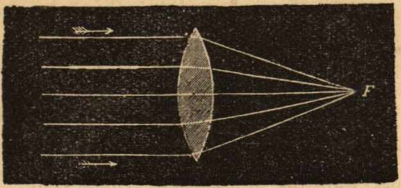


Fig. 36.

Gdy słońce świeci, ustawmy soczewkę tak, by promienie padały na całą jej powierzchnię; promienie te zostaną skupione w jednym lub też prawie w jednym punkcie za soczewką.

Jeżeli w tem miejscu umieścimy kartkę papieru, dostrzeżemy mały błyszczący obraz słońca. Obraz ten jest tak gorący, że zapala papier; soczewka działa tu, jak szkło palące.

Doświadczenie 51. Soczewka daje obraz nie tylko słońca, lecz i każdego innego przedmiotu. Jeżeli na soczewkę padają promienie świecy, otrzymujemy na kartce papieru umieszczonej za soczewką obraz świecy; obraz ten jest odwrócony. W ogóle jeżeli w dość wielkiej odległości przed soczewką umieścimy jakibądź mocno oświetlony przedmiot, otrzymamy za soczewką niewielki obraz tego przedmiotu. Jeżeli umieścimy przed soczewką własną twarz,

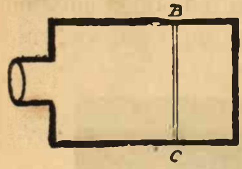


Fig. 37.

za soczewką powstanie niewielki obraz twarzy. Tak właśnie postępuje fotograf. Ma on ciemne pudło, zaopatrzone na jednym boku w soczewkę, jak to widzimy na załączonym rysunku (fig. 37). Skierowuje on ją na krajobraz, czy też twarz fotografującej się osoby; w pudełku tworzy się niewielki obraz krajobrazu lub twarzy. Obraz ten otrzymuje się

na tafelce ze szkła matowego; można też go dobrze obejrzeć i rozpoznać, czy jest dokładny. Następnie fotograf usuwa tę tafelkę i zamiast niej wstawia tafelkę szklaną, pokrytą osobliwą warstwą, wrażliwą na działanie światła. Obraz w pudle pada właśnie na tę czułą chemiczną warstwę; jasne części obrazu działają na nią i zmieniają jej własności, ciemne zaś miejsca obrazu nie działają wcale. Na warstwie powstaje trwały obraz, lecz jasne miejsca przedmiotu są na nim ciemnemi, ciemne zaś jasnemi; obraz taki nazywa się **obrazem ujemnym** lub **negatywem**. Za pomocą takiego negatywu można otrzymać obrazy zwykłe, **dodatnie** lub **pozytywy**.

72. Szkła powiększające.

Soczewką posługiwać się można do powiększenia każdego drobnego przedmiotu; wówczas jest ona szkłem powiększającem, jakie każdy zna bezwątpienia. W tym celu soczewkę umieszczać należy blizko koło tego przedmiotu, który powiększyć chcemy. Za pomocą takiego szkła powiększającego nie moglibyśmy powiększyć przedmiotu dalekiego, naprzy-

kład planety lub księżyca; możemy powiększać tylko przedmioty, które mamy pod ręką. Skoro zaś chcemy powiększyć planetę lub księżyc, użyć musimy dwóch szkieł, szkła wielkiego, za pomocą którego otrzymujemy obraz planety lub słońca — tak jak obraz słońca otrzymuje się za pomocą szkła palącego — oraz drugiego szkła powiększającego, przez które oglądamy w powiększonej postaci obraz, utworzony przez szkło pierwsze.

Gdy więc chcemy powiększyć przedmiot, znajdujący się tuż przy nas, używamy wówczas szkła powiększające, lecz skoro chcemy powiększyć jakibądź przedmiot daleki, musimy przedewszystkiem za pomocą soczewki otrzymać blizko siebie jego obraz, i następnie, rozważając ten obraz, jak przedmiot, możemy go powiększyć za pomocą szkła powiększającego. Takie połączenie dwu soczewek, z których jedna daje obraz dalekiego przedmiotu, druga zaś ten obraz powiększa, nazywa się **lunetą** lub **teleskopem**. Aby wszelkie światło postronne było usunięte, soczewki te są osadzone w rurze.

73. Różne rodzaje światła załamują się niejednakowo.

W ustępie 70 poznaliśmy, jak załamuje się promień światła przy przejściu przez pryzmat. Dodać należy, że załamanie to dla różnych rodzajów światła jest niejednakowe. Na rysunku (fig. 38) widzimy, jak się załamuje przy przejściu przez pryzmat promień czerwony. Gdyby to był promień nie czerwony, lecz pomarańczowy, zboczyłby on z kierunku pierwotnego więcej, — żółty jeszcze więcej, zielony bardziej niż żółty, jasnoniebieski znów więcej niż zielony, ciemnoniebieski więcej niż jasnoniebieski, wreszcie fiołkowy jeszcze więcej niż ciemnoniebieski. Jeżeli na pryzmat pada promień złożony, w którym wszystkie te barwy (czerwona, pomarańczowa, żółta, zielona, jasnoniebieska, ciemnoniebieska i fiołkowa) są zmieszane, wówczas każda z nich załamuje się w pryzmacie inaczej, aniżeli barwy sąsiednie, zostaje więc od nich oddzielona, jakkolwiek wszystkie barwy przed wejściem w pryzmat były zmieszane razem.

Pryzmat więc rozkłada promień złożony na

promienie składowe, oddzielając od siebie promienie rozmaicie zabarwione.

Dziwnem wydawać się może, że światło białe, naprzykład światło słoneczne, jest mieszaniną wszystkich tych barw, jakie wyliczyliśmy dopiero co, czerwonej, pomarańczowej, żółtej i t. d. Po krótkiem zastanowieniu się przekonamy się, że tak jest istotnie.

Wszyscy znamy wspaniałą grę barw w kroplach rosy, kryształach i drogich kamieniach, gdy na nie padają promienie światła.

Błyszczą one wszystkiemi barwami tęczy; ta właśnie okoliczność nasuwa pytanie, czy też barwy tęczy nie pochodzą od tego samego, co i barwy drogich kamieni? Czy tworzenie się tęczy nie zależy od obecności na niebie mnóstwa drobnych kropelek, które rozsiane po trawie sprawiają wrażenie diamentów? Czy wszystek ten przepych nie zależy od tej samej przyczyny? A jeżeli jest tak, to jakaż to przyczyna? Odkrycie jej zawdzięczamy I. Newtonowi; on wykazał pierwszy, że światło białe składa się z wielu rozmaicie zabarwionych promieni, i że te promienie przy przejściu przez pewne ciała rozdzielają się. Za pomocą pryzmatu, jak to już wiemy, mo-

żna oddzielić od siebie rozmaite barwne promienie promienia złożonego.

Przypuśćmy naprzykład, że w okiennicy zaciemnionego pokoju mamy wązką pionową, czyli skierowaną z góry na dół, szczelinę, przez którą wpuszczamy do pokoju promienie słoneczne. Fig. 38 przedstawia plan takiego

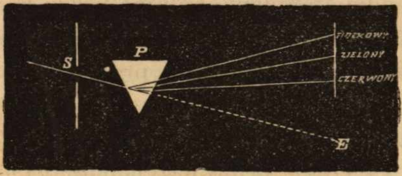


Fig. 38.

urządzenia, jak ono wygląda, gdy spoglądamy z góry, czyli, jak się mówić zwykło, z lotu ptaka. Przypuśćmy przedewszystkiem, że pryzmat został usunięty, i że patrzymy z *E* na szczelinę *S* w okiennicy; nie widzimy nic więcej prócz jasno oświetlonej szczeliny: szczelina jest dla nas otworem, przez który widzieć możemy świecące za okiennicą słońce. Ustawmy teraz pryzmat na swem miejscu, jak widzimy na rysunku; wówczas oko, umieszczo-

ne w *E*, nie dojrzy szczeliny. Lecz gdy przesuniemy oko w stronę najgrubszej części pryzmatu, wpadnie w nie wreszcie światło, wychodzące ze szczeliny; lecz teraz szczelina wygląda inaczej. Nie widzimy już jasnej wązkiej szczeliny, jak przedtem, lecz powstaje szeroka wstęga o kilku barwach; barwa jej na jednym końcu jest czerwona, następnie przechodzi stopniowo kolejno przez pomarańczową, żółtą, zieloną, jasnoniebieską i ciemnoniebieską we fiołkową na przeciwnym końcu wstęgi.

Wszystko to objaśnia się łatwo tem, cośmy już powiedzieli, jeżeli przypomnimy, że białe światło słoneczne składa się z różnych barw. Wskutek tego promienie w pryzmacie nie tylko załamują się, lecz prócz tego załamują się niejednakowo. Każdy rodzaj światła daje obraz szczeliny na osobnem miejscu. Otrzymujemy przeto mnóstwo jasnych różnobarwnych obrazów szczeliny, leżących obok siebie i tworzących wspólnie nie jeden obraz szczeliny, lecz barwną wstęgę, w której barwa czerwona znajduje się na jednym końcu, ponieważ promienie czerwone załamują się najmniej, barwa zaś fiołkowa na drugim końcu,

promienie bowiem fiołkowe załamują się najmocniej. Ta zabarwiona różnymi kolorami wstęga świetlna nazywa się **widmem**; jeżeli oświetlamy szczelinę światłem słonecznem, otrzymujemy **widmo słoneczne.**

74. Powtórzenie.

Nauczyliśmy się już dość wiele o cieple promienistem i o świetle. Po pierwsze, dowiedzieliśmy się, że ciała ogrzewane poczynają wysyłać przedewszystkiem promienie ciepła, gdy zaś temperatura podniesie się wyżej, promienie stają się świecącymi i działają na oko. Poznaliśmy następnie prawa odbicia tych promieni od wygładzonych powierzchni. W dalszym ciągu pokazaliśmy, że kierunek promieni zmienia się przy ich przejściu przez szkło lub wodę, i że pryzmat szklany odchyla je ku najgrubszej swej części. Soczewka wszystkie promienie dokoła załamuje ku środkowi, czyli ku najgrubszej swej części. Gdy na soczewkę padają promienie słoneczne, za soczewką powstaje mały, jasny obraz słońca; obraz ten może zapalić kartkę papieru lub oparzyć rękę.

Za pomocą soczewki otrzymać można również obraz księżyca lub planety; gdy się zbli-

żymy do tego obrazu ze szkłem powiększającem i spojrzymy w nie, ujrzymy księżyc lub planetę w bardzo powiększonej postaci; takie połączenie dwóch szkieł nazywa się [redacted] lunetą. Wreszcie była mowa o tem, że różnobarwne promienie są załamywane przez pryzmat w różnych kierunkach, tak że pryzmat rozdziela wszystkie składowe promienie światła słonecznego.

Na zakończenie tego rozdziału powiemy jeszcze cokolwiek o istocie ciepła.

75. Istota ciepła.

Porównywaliśmy już ciepło z dźwiękiem; wiemy też już, że ciało ogrzane posiada energię. Zwróćmy się jeszcze raz do tego porównania. Przy rozważaniu dźwięku zwracaliśmy uwagę na dwie okoliczności: po pierwsze, na ciało drgające i, powtóre, na uderzenia, które to ciało przesyła przez powietrze do naszego ucha, i dzięki którym słyszymy dźwięk.

Otóż wiemy już, że w ciele ogrzanem cząsteczki pozostają w bardzo szybkich drganiach, i że w ten sam sposób, w jaki z ciała drgającego wychodzi dźwięk, działający na

ucho, z ciała ogrzanego wychodzi światło, działające na oko. W jaki sposób wprawiamy w drganie jakiebądź ciało, naprzykład bęben lub dzwon? Przez uderzenie. Gdy opuścimy szybko ciężkie serce na ścianę dzwonu, dzwon poczyna drgać. Serce to, zanim uderzy we dzwon, pozostaje w szybkim ruchu, posiada przeto energię i może wykonać pracę. Cóż się dzieje z jego energią po uderzeniu o dzwon? Oddaje ono swą energię dzwonowi; wszak dzwon poczyna drgać, a ciało drgające, jak to już wiemy, posiada energię. Energia uderzenia, udzielonego dzwonowi, nie zginęła, lecz przeniosła się z serca na dzwon. Przypuśćmy znów, że kowal kładzie na kowadle kawałek ołowiu i uderza go mocno swym młotem; słyszymy wówczas urwane stuknięcia; nie występują tu wcale drgania, jak we dzwonie. Cóż się stało w tym przypadku z energią uderzenia? Nie przechodzi ona, jak to było przy dzwonie, w drgania, dochodzące do ucha; w cóż więc się ona zamienia? I czy w ogóle zamienia się w cokolwiek? Odpowiadamy, że zamienia się ona w tym przypadku w ciepło. Uderzenie ogrzało ołów i wprawiło jego cząsteczki w drgania, wpraw-

dzie nie takie same, jak we dzwonie. Gdyby kowal uderzał w ołów dość długo, mógłby go w ten sposób nawet roztopić.

Wielu z was zużyło już zapewne sporo energii przy wygładzaniu guzika metalowego przez pocieranie o deskę drewnianą. Cóż się stało ze wszystką energią, którą wydatkowaliście? Odpowiadamy, że zamieniła się ona na ciepło, o czem łatwo moglibyście się przekonać za każdą razą, przykładając guzik szybko po potarciu do ręki swej lub swego sąsiada.

Doświadczenie 52. Dla wykazania, że energia uderzenia przechodzi w ów inny rodzaj energii, zwany ciepłem, połóżmy zapałkę fosforową na płycie kamiennej i uderzmy ją młotkiem lub kamieniem; przekonamy się, że wytworzone ciepło wystarczy do zapalenia fosforu.

Tarcie wytwarza ciepło; podczas ciemnej nocy można dostrzedz iskry sypiące się z hamulca, wstrzymującego ruch pociągu kolei żelaznej. We wszystkich podobnych przypadkach energia rzeczywista widzialna zamienia się na postać energii, zwaną ciepłem. Różnica pomiędzy tymi dwoma rodzajami energii polega na tem, że w przypadku ener-

gii widzialnej ciało porusza się jako całość: wszystkie jego cząsteczki poruszają się jednocześnie w jednym kierunku, natomiast w przypadku ciepła cząsteczki poruszają się w różnych kierunkach w jedną i drugą stronę, i ciało, uważane jako całość, pozostaje w spoczynku. Widzimy z poprzedniego, że energia widzialna może być zamieniona na ciepło; ciepło również, przynajmniej częściowo, może być zamienione na energię widzialną. Co wykonywa naprzykład w maszynie parowej wszystką pracę? Czyliż nie ogień, ogrzewający wodę w kotle? Część energii cieplnej palącego się węgla zamienia się tu istotnie na energię widzialną, z jaką tłok porusza się do góry i na dół, i z jaką obraca się koło rozpędowe.

Wszystka praca, wykonywana przez maszyny parowe, powstaje z ciepła. Widzimy więc, że nie tylko energię rzeczywistą zamieniać można na ciepło, lecz i odwrotnie, jak w maszynie parowej, można zamieniać ciepło znów na energię rzeczywistą.

Ciała naelektryzowane.

76. Przewodniki i nieprzewodniki.

Niemal od dwóch tysięcy lat wiadomo już, że kawałek bursztynu potarty o jedwab przyciąga lekkie ciała; prawie przed trzystu laty Gilbert wykazał, że wiele innych ciał, jak naprzykład siarka, lak, szkło posiadają tęż samą własność, co i bursztyn.

Takie były skromne początki nauki o **elektryczności**; w ostatnich czasach nauka ta uczyniła takie olbrzymie postępy, że możemy obecnie dzięki niej przesyłać wiadomości z Europy do Ameryki w czasie krótszym od jednej sekundy.

Doświadczenie 53. Weźmy sztabkę metalową, osadzoną na szklanej rączce, i potrzyjmy szkło kawałkiem materyi jedwabnej; szkło i jedwab powinny być ciepłe i zupełnie suche. Szkło nabiera wskutek tego własności przyciągania drobnych skrawków papieru lub kawałeczków rdzenia bzowego, lecz tylko w tem miejscu, w którem zostało potarte. Szkło więc przez tarcie uzyskało szczególną wła-

sność, lecz własność ta nie może się rozchodzić po całej powierzchni szkła. Tyle co do szkła. Weźmy teraz w rękę za szklaną rączkę sztabkę metalową i dotknijmy się nią konduktora maszyny elektrycznej; przekonamy się, że sztabka metalowa otrzymuje też samą własność, co i szkło, mianowicie własność przyciągania małych kawałków papieru lub rdzenia bzowego. Lecz obecnie wszystkie części sztabki posiadają tę własność, a nie tylko ta część, którą dotknęliśmy maszyny elektrycznej. Elektryczność może więc rozprzestrzeniać się po powierzchni metalowej, po powierzchni zaś szkła rozchodzić się nie może. Szkło, jak się mówi, jest **nieprzewodnikiem** elektryczności, metal zaś—**przewodnikiem**. Ani ciepło, ani elektryczność nie rozchodzą się z łatwością po szkle, lecz po metalu rozchodzą się bardzo dobrze. Węgiel drzewny, kwasy, sole rozpuszczalne, woda i ciało zwierzęce są również dobrymi przewodnikami elektryczności, wprawdzie nie tak dobrymi, jak metale; natomiast kauczuk, powietrze, jedwab, wosk, szkło, siarka, bursztyn, szelak są złymi przewodnikami.

Aby się doświadczenia z elektrycznością

udawały, niezbędnie należy zatrzymać elektryczność, skorośmy ją zdobyli; w tym celu należy otaczać ją ze wszystkich stron nieprzewodnikami. Doświadczenia te przeprowadzać należy w powietrzu suchem, a ciało, zawierające elektryczność, stać powinno na podstawce szklanej.

77. Dwa rodzaje elektryczności.

Doświadczenie 54. Pokażemy teraz, że istnieją dwa przeciwne sobie rodzaje elektryczności. Posługiwać się do tego będziemy przyrządem, przedstawionym na rysunku (fig. 39); składa się on z kulki z rdzenia bzowego, zawieszonej za pomocą nitki jedwabnej na szklanej podstawce. Przedewszystkiem potrzyjmy sztabkę szklaną jedwabiem i dotknijmy się potartą sztabką kulki bzowej. Sztabka udziela kulce elektryczność, która ujść nie może, ponieważ nitka jedwabna, szklana podstawka i powietrze (gdy jest suche) dokoła kulki są złymi przewodnikami. Zobaczymy, że kulka po dotknięciu sztabki nie jest już przez nią przyciągana, lecz, przeciwnie, zostanie odepchnięta. Potrzyjmy następnie laskę laku kawałkiem ciepłej, suchej flaneli i zbliżmy ją do

tejże kulki bzowej; przekonamy się, że kulka, która była odpychana przez potarte szkło, zostanie przyciągnięta przez potarty lak.

Więc kulka z rdzenia bzowego dotknięta potartem szkłem jest odpychaną przez toż szkło, lecz jest przyciąganą przez potarty lak.

Gdybyśmy zmienili porządek doświadcze-

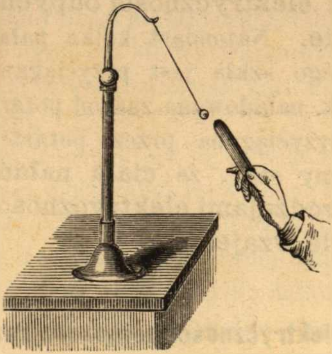


Fig. 39.

nia i dotknęli się naprzód kulki bzowej laską laku potartą flanelą, kulka ta byłaby następnie odpychaną przez tenże potarty lak, a przyciąganą przez potarte szkło.

Widzimy stąd, że istnieją dwa rodzaje elektryczności, mianowicie elektryczność, jaka się wytwarza w potartem szkle, oraz ele-

ktryczność, jaka się wywiązuje w potartym laku.

Gdyśmy dotykali kulki z rdzenia bzowego potartem szkłem, udzieliliśmy jej część elektryczności szkła; z tego, że jest ona następnie odpychaną przez szkło potarte, wnioskujemy, że **ciała naładowane jednakowym rodzajem elektryczności odpychają się wzajemnie.** Natomiast kulka naładowana od potartego szkła jest przyciągana przez potarty lak, naładowana zaś od potartego laku jest przyciągana przez potarte szkło; wnioskujemy stąd, że **ciała naładowane różnymi rodzajami elektryczności przyciągają się wzajemnie.**

78. Obie elektryczności połączone razem istnieją w ciałach nienaelektryzowanych.

Możemy przyjąć, że każde ciało zawiera oba rodzaje elektryczności zmieszane razem, i że przez tarcie oddzielamy je tylko od siebie. Pocierając laskę laku kawałkiem flaneli sprawiamy tylko to, że oba rodzaje elektryczności rozdzielają się: jedna elektryczność pozostaje na laku, druga zaś na flaneli. Tak

samo elektryzowanie szkła polega na rozkładzie elektryczności; jedna z nich pozostaje na szkle, druga zaś rozwija się na jedwabiu. Toż samo zachodzi we wszystkich przypadkach wytwarzania elektryczności przez tarcie; nie możemy otrzymać jednej elektryczności, bez jednoczesnego wytworzenia się takiej samej ilości elektryczności drugiego rodzaju. W ogóle my nie wytwarzamy elektryczności, lecz tylko rozdzielamy dwa przeciwne jej rodzaje.

Elektryczność, która się wywiązuje w sztabce szklanej, pocieranej jedwabiem, nazywa się elektrycznością **dodatnią**; ta zaś, jaka rozwija się na lasce laku, pocieranej flanelą, nazywa się **ujemną**. Są to tylko nazwy, używane dla odróżnienia od siebie obu rodzajów elektryczności.

79. Działanie ciał naładowanych na nienaładowane.

Wiemy, że jednakowe elektryczności odpychają się, elektryczności zaś różne przyciągają się wzajemnie; rozważmy, co wynika z tego w następującym przypadku. Niechaj

A (fig. 40) będzie wielką, próżną wewnątrz kulą mosiężną; rura umieszczona na lewo od *A* jest również mosiężna; kula wraz z rurą spoczywają na nóżkach szklanych, tak że elektryczność zawarta na *A* ujść nie może.

Weźmy nadto dwa naczynia mosiężne *B* i *C*, które mogą być oddzielone od siebie tylko po środku podług linii narysowanej na figu-

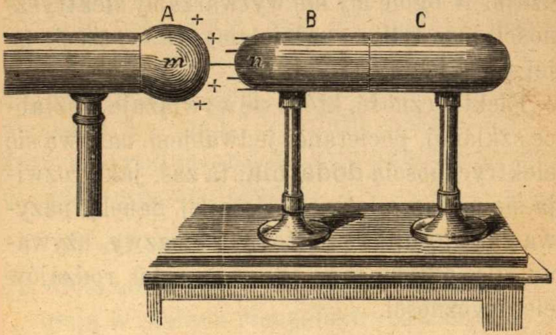


Fig. 40.

rze po środku walca; *B* i *C* są również osadzone na szklanych podstawkach, by elektryczność, jaką każde z nich posiadać może, nie mogła ujść. Przypuśćmy, że *A* otrzymuje ładunek elektryczności dodatniej, *B* zaś i *C* są nienaelektryzowane. Zbliżmy *B* i *C* ku *A*. Po-

nieważ *B* i *C* nie są naelektryzowane, przeto elektryczności w nich nie są rozdzielone, lecz są zmieszane razem. Skoro jednak przysuniemy je ku *A*, wówczas elektryczność dodatnia na *A* przyciąga ku sobie elektryczność ujemną z *B*, dodatnią zaś odpycha na prawy koniec *C*, jak to jest pokazane na rysunku. Jeżeli teraz odsuniemy część *C* od *B* i wreszcie odsuniemy *B* od *A*, otrzymamy pewną ilość elektryczności ujemnej na *B* i dodatniej na *C*, oddzielone od siebie, jakkolwiek elektryczności na *A* pozostało tyleż samo, ile było przedtem.

Spożytkowaliśmy tu elektryczność kuli *A* do rozdzielenia od siebie elektryczności na *B* i *C*; przytem elektryczności na *A* nie ubyło wcale, i można ją znów spożytkować w tym samym celu tak często, jak się nam spodoba. Takie działanie z odległości, ta pomoc, jaką wyświadcza elektryczność zebrana na *A* przy rozkładzie elektryczności na *B* i *C*, nazywa się **wpływem** (indukcyą) **elektrycznym**.

80. Iskra elektryczna.

Doświadczenie to może być wykonane w cokolwiek inny sposób. Pozostawiając *B* i *C* po-

łączonemi, przysuwajmy je coraz bliżej ku *A*. Gdy *A* i *B* znajdują się już bardzo blizko od siebie, wówczas elektryczność dodatnia i elektryczność ujemna, wzbudzona przez wpływ na *B*, są oddzielone od siebie tylko cienką warstewką powietrza; przyciąganie się obu tych elektryczności stanie się wreszcie tak mocnem, a warstewka powietrza tak cienką, że przebijają one tę warstewkę i łączą się, dając iskrę. Wskutek tego *A* utraci część swej elektryczności dodatniej, *B* zaś wszystką swą elektryczność ujemną. Skoro więc odsuniemy teraz *B* i *C* od *A*, na *C* pozostanie ładunek dodatni. *A* utraciło część swej elektryczności dodatniej, *C* uzyskało tę samą ilość. Skutek będzie taki, jak gdyby część elektryczności z *A* przeszła na *C*.

81. Różne doświadczenia.

To, cośmy powiedzieli o wpływie elektrycznym, udowodnić możemy przez kilka prostych a ciekawych doświadczeń; nie należy zapominać, że przy wszystkich tych doświadczeniach szklane części w przyrządach powinny być ciepłe i zupełnie suche.

Doświadczenie 55. Przyrząd, przedstawiony

na rysunku (fig. 41), służy do wykrycia obecności elektryczności; nazywa się on **elektroskopem o listkach złotych.**

Aby pokazać jego działanie, udzielmy kulce osadzonej na wierzchu (patrz Przepisy), niewielki ładunek elektryczności dodatniej. Ładunek ten rozchodzi się aż do listków złotych,

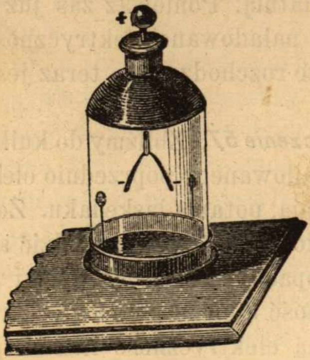


Fig. 41.

połączonych metalicznie z kulką; ponieważ ładują się one jednym rodzajem elektryczności, przeto odpychają się wzajemnie, jak to właśnie widzimy na rysunku. Elektroskop teraz działa.

Doświadczenie 56. Po naładowaniu elektro-

skopu elektrycznością dodatnią, zbliżmy do jego kulki potartą sztabkę szklaną: listki złote rozchodzą się jeszcze bardziej. Pochodzi to stąd, że elektryczność dodatnia potartego szkła rozkłada obojętną elektryczność kulki; przyciąga ku sobie elektryczność ujemną i odpycha aż ku listkom złotym elektryczność dodatnią. Ponieważ zaś już przedtem listki były naładowane elektrycznością dodatnią, przeto rozchodzą się teraz jeszcze bardziej.

Doświadczenie 57. Zbliżmy do kulki elektroskopu, naładowanego poprzednio elektrycznością dodatnią, potartą laskę laku. Zobaczymy, że listki złota, zamiast rozchodzić się jeszcze bardziej, opadają razem. Pochodzi to stąd, że elektryczność ujemna potartego laku rozkłada obojętną elektryczność kulki: przyciąga ku sobie elektryczność dodatnią i odpycha w listki elektryczność ujemną. Ponieważ zaś listki złote były już naładowane elektrycznością dodatnią, przeto część tego ładunku zostanie zobojętniona przez wbudzoną w nich elektryczność ujemną; wskutek tego listki opadają.

Doświadczenie 58. Weźmy próżną wewnątrz

kulę mosiężną, czyli konduktor, osadzoną na odosobniającej nóżce szklanej. Zbliżmy ten odosobniony przewodnik do maszyny elektrycznej podczas jej działania; otrzymamy iskrę, jednak dość słabą. Lecz jeżeli jednocześnie dotykać się będziemy palcem części kuli najbardziej oddalonej od maszyny, wówczas iskra będzie o wiele silniejsza.

Zależy to od tego, cośmy mówili w ustępie 80 o przyczynie tworzenia się iskry. Elektryczność dodatnia maszyny przyciąga elektryczność ujemną kuli, elektryczność zaś dodatnią odpycha tak daleko, jak tylko może. Kula nasza jest odosobnioną; przeto elektryczność dodatnia nie może być odepchnięta dość daleko. Obie więc elektryczności nie mogą być rozdzielone dość dobrze, wskutek czego otrzymujemy iskrę słabą. Lecz jeżeli dotykamy kuli, wówczas elektryczność dodatnia zostaje odepchnięta przez nasze ciało do ziemi, obie elektryczności rozdzielają się dobrze, i otrzymujemy iskrę silną.

82. Działanie ostrzy.

Jeżeli w ostatniem doświadczeniu będziemy wciąż dotykali palcem kuli mosiężnej podczas

działania maszyny, cały szereg iskier przejdzie przez nasze ciało do ziemi; sprawia to uczucie dość nieprzyjemne. Iskrę, jaką daje maszyna, porównać można z błyskawicą. Błyskawica jest istotnie bardzo długą iskrą elektryczną. Otóż jak przy uderzeniu pioruna elektryczność przechodzi przez ciało człowieka do ziemi, tak też przechodzi ona przez nasze ciało do ziemi, gdy dotykamy się palcem kuli w ostatniem doświadczeniu.

Doświadczenie 59. Przytwierdźmy do próżnej wewnątrz kuli ostrze, ustawmy je naprzeciwko konduktora maszyny elektrycznej i, jak i poprzednio, dotykajmy się kuli palcem. Teraz nie możemy otrzymać iskry z maszyny: zamiast iskry zachodzi teraz ciągły przepływ elektryczności z konduktora maszyny ku ostrzu. Każde ciało zaostrzone traci elektryczność tak samo szybko, jak szybko się ona wytwarza; nie może przeto zebrać się na nim tyle elektryczności, by mogła powstać iskra. Pojmiemy z tego działanie zaostrzonych przewodników, ustawianych na wysokich budynkach w celu uchronienia ich od uderzenia pioruna. Takie zaostrzone przewodniki metalowe, czyli piorunochrony, przedłużone aż do

ziemi, usuwają elektryczność w sposób cichy, jak to sprawiało ostrze w doświadczeniu 59; jak tam ostrze chroniło nasz palec od iskry, tak też piorunochron chroni budynek od pioruna.

Uczony amerykański Franklin pierwszy poznał, że błyskawica jest to samo co iskra elektryczna, z tą jednak różnicą, że błyskawica bywa niekiedy o długości mili, iskra zaś elektryczna bywa zwykle o długości kilku cali.

83. Maszyna elektryczna.

Teraz będziemy już w stanie zrozumieć urządzenie maszyny elektrycznej. Maszyna elektryczna składa się zawsze z dwóch części: jedna z nich służy do wytwarzania elektryczności, druga — do zbierania jej.

Do najlepiej znanych należy maszyna przedstawiona na rysunku (fig. 42), w której elektryczność wywiązuje się na obracającym się wielkim krążku szklanym. Płyta szklana, obracając się, pociera się o dwie pary poduszek, umieszczone na górze i na dole. Poduszki te są wyrobione ze skóry i wypchane końską szercią; na szkło naciskają one dość mocno.

Są one prócz tego pokryte miękkim metalem, składającym się zwykle z jednej części cyny, jednej cynku i dwóch części rtęci. Poduszki te są połączone pomiędzy sobą i następnie z ziemią za pomocą łańcuszka metalowego. Gdy płyta szklana się obraca, na szkle wy-

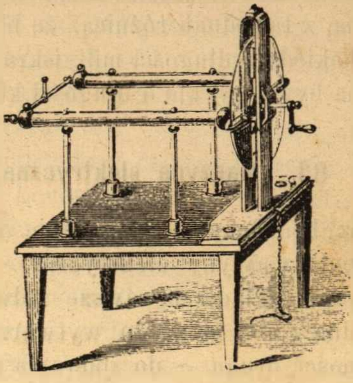


Fig. 42.

twarza się elektryczność dodatnia, na poduszkach zaś ujemna. Elektryczność ujemna poduszek przechodzi do połączonego z nimi łańcuszka i spływa po nim do ziemi, gdzie też rozchodzi się, aż się rozproszy i zginie zupełnie. Tym więc sposobem pozbywamy się ele-

ktryczności ujemnej; natomiast elektryczność dodatnia pozostaje na szkle. Widzimy następnie na rysunku dwie zgięte w kształt głoski *U* sztabki, obejmujące w dwu miejscach krąg szklany; są one połączone z wielką powierzchnią metalową, zwaną **konduktorem**. Konduktor jest osadzony na nóżkach szklanych, wskutek czego elektryczność, wywiązująca się na nim, ujść nie może. Prócz tego zgięte sztaby metalowe, obejmujące płytę szklaną, są zaopatrzone w szereg ostrzów metalowych. Wiemy już, że ostrza posiadają w wysokim stopniu własność wysysania elektryczności; odbierają one więc od szkła elektryczność dodatnią i przenoszą ją na konduktor gdzie też ona pozostaje, ponieważ konduktor spoczywa na nóżkach szklanych. Obracając płytę szklaną dość długo, można zebrać na konduktorze bardzo wiele elektryczności dodatniej.

Doświadczenie 60. Gdy już konduktor maszyny elektrycznej naładujemy elektrycznością, zbliżmy do niego palec; wówczas z konduktora do palca przeskoczy iskra. Pochodzi to stąd, że elektryczność dodatnia konduktora rozdziela obie elektryczności zmieszane

razem w naszym palcu: odpycha elektryczność tego samego rodzaju, t. j. dodatnią, przez nogi do ziemi, a przyciąga ku sobie elektryczność ujemną.

Następnie obie te elektryczności — dodatnia konduktora i ujemna palca — łączą się gwałtownie ze sobą przez powietrze, wytwarzając iskrę.

84. Butelka Lejdejska.

Doświadczenie 61. Gdy zbliżymy palec do maszyny elektrycznej podczas przeskakiwania iskry, czujemy tylko słabe ukłucie, lecz nie doświadczamy wcale silnego wstrząśnienia. Aby otrzymać wstrząśnienie, należy użyć butelki Lejdejskiej, przedstawionej na fig. 43. Składa się ona z butelki szklanej, pokrytej zewnątrz i wewnątrz aż do samej szyjki cynfolią. W korku, zatykającym otwór butelki, osadzony jest pręt metalowy, zakończony na górze gałką i połączony z pokryciem wewnętrznem. Butelka nasza posiada więc dwie zbroje (pokrycia), wewnętrzną i zewnętrzną, zupełnie odosobnione elektrycznie od siebie, ponieważ szkło nie przepuszcza elektryczno-

ści. Weźmy, dajmy na to, butelkę w rękę za jej uzbrojenie zewnętrzne i trzymajmy gałkę, połączoną ze zbroją wewnętrzną, przy konduktorze maszyny elektrycznej podczas jej działania. Wówczas elektryczność dodatnia konduktora rozchodzi się po zbroi wewnętrznej butelki. Rozkłada ona obie elektryczności na uzbrojeniu zewnętrznem: odpycha elektryczność dodatnią przez rękę i ciało nasze do ziemi i przyciąga ku sobie elektryczność ujemną. Tym więc sposobem batalion elektryczności dodatniej znajduje się na uzbrojeniu wewnętrznem naprzeciwko batalionu elektryczności ujemnej na zbroi zewnętrznej; są one bardzo żądne połączenia się, nie mogą jednak tego uczynić, ponieważ pomiędzy nimi znajduje się szkło. Lecz obie te elektryczności tak gorliwie śledzą się wzajemnie, że pozostają nieruchomemi na swoich miejscach, podczas gdy sprowadzamy jeszcze więcej elektryczności dodatniej na uzbrojenie wewnętrzne.

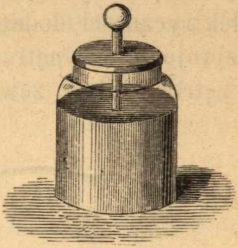


Fig. 43.

Ten drugi ładunek działa zupełnie tak samo, jak pierwszy; rozkłada on znów obie elektryczności uzbrojenia zewnętrznego, odpycha elektryczność dodatnią ze zbroi zewnętrznej przez nasze ciało do ziemi; elektryczność ujemna natomiast pozostaje na zbroi zewnętrznej i ustawia się naprzeciw nowego batalionu elektryczności dodatniej, sprowadzonego na uzbrojenie wewnętrzne. Mamy teraz dwa wewnętrzne i dwa zewnętrzne bataliony elek-

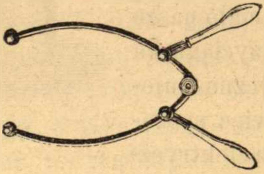


Fig. 44.

tryczności, śledzące się wzajemnie. Postępując w ten sam sposób w dalszym ciągu, możemy nagromadzić znaczną ilość przeciwnych elektryczności na obu zbrojach naszej butelki.

Do wyładowania butelki służy tak zwany wyładowywacz, przedstawiony na fig. 44. Trzymając go za szklane rączki, dotykamy jedną jego kulką zbroi zewnętrznej butelki,

drugą zaś zbliżamy stopniowo do kulki, połączonej ze zbroją wewnętrzną butelki. Gdy te dwie kulki będą już dostatecznie do siebie zbliżone, ujrzymy świetną iskrę, której towarzyszy mocny trzask, — i butelka zostanie wyładowana. Jeżeli chcemy sami poczuć wstrząśnienie, obejmujemy jedną ręką zbroję zewnętrzną, drugą zaś rękę zbliżamy do kulki, połączonej ze zbroją wewnętrzną; wówczas wyładowanie odbędzie się przez nasze ciało. Jeżeli kilka osób chce jednocześnie poczuć wstrząśnienie, podają sobie one ręce; pierwsza osoba dotyka się zbroi zewnętrznej, osoba zaś znajdująca się na drugim końcu dotyka się kulki, połączonej ze zbroją wewnętrzną; wówczas wstrząśnienie przechodzi przez ciała wszystkich osób, przyjmujących udział w doświadczeniu.

85. Ciała naelektryzowane posiadają energię.

Z poprzedniego wynika, że elektryczność posiada energię. Widzieliśmy, że obie przeciwne elektryczności butelki Lejdejskiej łączą się gwałtownie ze sobą, i że połączeniu temu towarzyszy iskra i trzask. Iskra ta podczas

swego istnienia jest bardzo jaskrawą i, jakkolwiek trwa ona nie dłużej, jak jedną dwudziesto-czterotysiączną część sekundy, zawiera mimo to bardzo wiele ciepła. Ciepło zaś jest energią; widzimy z tego, że przy wyładowaniu butelki ten rodzaj energii, który nazywamy energią elektryczną, zamienia się w inne rodzaje energii, które nazywamy światłem i ciepłem.

Ponieważ elektryczność posiada energię, przeto do wytworzenia jej potrzebna jest praca. Pracę tę wydatkujemy przy obracaniu maszyny; istotnie, maszynę taką trudno jest obracać właśnie dlatego, że wytwarza się przez to elektryczność. **Z niczego nic nie powstanie**; skoro chcemy otrzymać energię w jakiejbądź postaci, należy wyłożyć na to pracę. I przy łączeniu się obu elektryczności energia również nie ginie; zachodzi tu tylko zamiana jednej postaci energii, mianowicie energii elektrycznej, na inną postać, mianowicie na ciepło.

86. Prąd elektryczny.

Wiemy już, że jeżeli trzymać będziemy zaostrzony przewodnik w pobliżu maszyny ele-

ktrycznej podczas jej działania (ust. 82), zachodzić będzie ciągły przepływ czyli prąd elektryczności przez ostrze i naszą rękę do ziemi. Posiadamy jednak środki daleko lepsze, aniżeli maszyna elektryczna, do otrzymania silnego prądu elektrycznego. Opiszemy pobieżnie sposób, odkryty po raz pierwszy przez włocha, nazwiskiem Volta, i który od niego nazwany został **baterya woltaiczną.** Urzą-

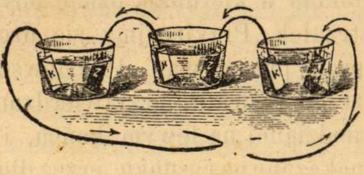


Fig. 45.

dzenie to przedstawione jest na załączonym rysunku (fig. 45). Na lewym końcu widzimy płytkę, oznaczoną głoską *K*, co ma oznaczać płytkę miedzianą, oraz płytkę cynkową, oznaczoną przez głoskę *Z*; do płytki cynkowej przylutowany jest drut, łączący ją z płytką miedzianą, zanurzoną w drugie naczynie. W tem drugiem naczyniu mieści się również

płytka cynkowa, połączona z miedzią trzeciego naczynia. Wreszcie na prawym końcu widzimy jeszcze jedną płytkę cynkową. Jeżeli napełnimy naczynia mieszaniną kwasu siarczanego i wody, przylutujemy druty do płytki miedzianej na lewym i płytki cynkowej na prawym końcu i połączymy te druty ze sobą (swobodne końce tych drutów nazywają się biegunami bateryi), wówczas otrzymamy prąd elektryczności dodatniej, przebiegający obwód dokoła w kierunku, oznaczonym przez ostrza strzałek. Przyjrzyjmy się drodze, po jakiej prąd przepływa. Przedewszystkiem wychodzi on z drutu, przytwierdzonego do płytki miedzianej na lewym końcu, i płynie, jak jest pokazane na rysunku, przez długie druty aż do płytki cynkowej na prawym końcu; stąd prąd przechodzi przez ciecz do płytki miedzianej, od niej zaś po drucie do najbliższej płytki cynkowej; stamtąd płynie przez ciecz w środkowem naczyniu do płytki miedzianej, od niej po drucie do płytki cynkowej w lewem naczyniu, wreszcie od tej płytki cynkowej przechodzi przez ciecz do płytki miedzianej, z której wyszedł.

87. Baterya Grove'go.

Opisanym urządzeniem posługiwał się Volta. Od tego czasu sposoby otrzymywania prądów elektrycznych udoskonaliły się znakomicie. Okazało się, że w urządzeniu Volty prąd tylko na początku jest mocny, szybko jednak słabnie, i obmyślano sposoby otrzymywania prądów o jednakowym zawsze natężeniu. Bateryę, dającą taki prąd, nazywają bateryą stałą; do najlepszych bateryi tego rodzaju należy baterya, urządona przez Grove'go (patrz fig. 48). Baterya ta zamiast naczyń pojedyńczych posiada naczynia podwójne; naczynie zewnętrzne jest ze szkła, naczynie zaś wewnętrzne z gliny dziurkowatej. Zewnętrzne naczynie szklane lub kamionkowe jest napełnione kwasem siarczanym rozcieńczonym wodą; w tej cieczy jest pogrążona płytka amalgamowanego cynku i prócz tego dziurkowate gliniane naczynie, jak jest pokazane na rysunku. Do tego dziurkowatego naczynia nalewa się mocnego kwasu azotowego i zanurza się w niem cienką blachę platynową, zastępującą miedź w urządzeniu Volty. Podczas działania bateryi cynk rozpuszcza się w rozcieńczonym kwasie siar-

czanym, przyczem wydziela się wodór. Nie unosi się on jednak w postaci pęcherzyków w górę, lecz przedostaje się w dziurkowate naczynie, zawierające kwas azotowy; tam wodór rozkłada kwas azotowy, odbiera od niego tlen i tworzy wodę (tlen i wodór przy połączeniu się dają, jak wiadomo, wodę), zamieniając w taki sposób kwas azotowy w kwas azotawy, obecność którego rozpoznać można po ciemno-brunatnym dymie. Wodór nie dochodzi więc do blachy platynowej; w tym celu właśnie obmyślano to urządzenie, poznano bowiem, że w pierwotnej bateryi Volty wodór, wydzielający się przy rozpuszczaniu się cynku, zbiera się na płytce miedzianej, i że przez to właśnie siła bateryi słabnie.

To, cośmy dopiero co opisali, stanowi tylko jedno naczynie, czyli, jak mówią, jedno ogniwo bateryi Grove'go. Wielka baterya tego rodzaju może się składać z 50, a nawet 100 ogniw; wówczas drut przytwierdzony do platyny jednego ogniwa łączy się z cynkiem drugiego ogniwa, zupełnie tak, jak jest pokazane na fig. 45; różnica polega tylko na tem, że zamiast miedzi mamy tu platynę, a zamiast pojedynczego naczynia — naczynie podwójne,

opisane wyżej. Prąd dodatni przepływa i tu w cieczy od płytki cynkowej do platynowej tak samo, jak w urządzeniu Volty przepływał w cieczy od płytki cynkowej do miedzianej.

88. Własności prądu.

Zobaczmy teraz, co prąd elektryczny sprawiać może; w tym celu przeprowadźmy kilka doświadczeń.

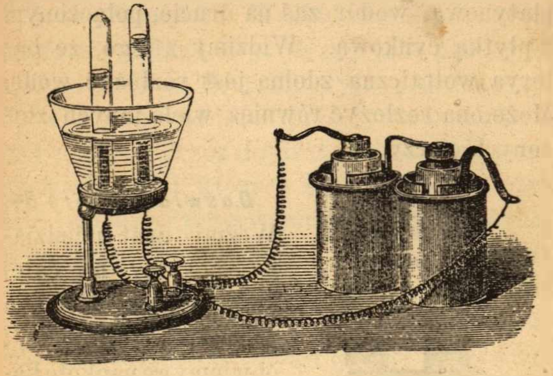


Fig. 46.

Doświadczenie 62. Ustawmy baterye Grove'go i wprowadźmy kawałek bardzo cienkiego drutu platynowego pomiędzy druty, wiodące od biegunów bateryi. Gdy po takiem połączeniu

prąd przepływać pocznie, pokaże się, że drut zostanie rozżarzony.

Doświadczenie 63. Ustawmy bateryę Grove'go i zanurzmy końce drutów, prowadzących od biegunów, w dwa odwrócone naczynia z wodą, jak jest pokazane na fig. 46. Dostrzeżemy, że prąd rozkłada wodę, i że tlen zbiera się w jednem naczyniu, wodór zaś w drugiem. Tlen wydziela się na drucie, połączonym z blachą platynową, wodór zaś na drucie, połączonym z płytką cynkową. Widzimy z tego, że bateryą woltaiczna zdolna jest rozłożyć wodę. Może ona rozłożyć również wiele innych złożonych cieczy.

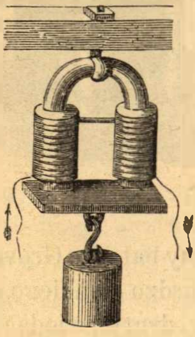


Fig. 47.

Doświadczenie 64. Weźmy drut miedziany, pokryty na całej swej długości nićmi, a przez to odosobniony, i obwińmy go naokoło kawałka miękkiego żelaza, zgiętego w kształt podkowy; połączmy następnie końce tego drutu z biegunami ba-

teryi. Skoro tylko baterya zacznie działać, przekonamy się, że żelazo nabiera własności przyciągania innych kawałków żelaza tak, że może unieść deskę żelazną z przywiązanym do niej dość wielkim ciężarem, jak to widzimy na rysunku (fig. 47). Lecz skoro tylko przerwiemy łączność pomiędzy podkową i bateryą, własność ta znika, i ciężar unoszony odpada natychmiast.

Doświadczenie 65. Weźmy kawałek twardej stali, naprzykład drut do robienia pończoch, i przyłóżmy go do podkowy z poprzedniego doświadczenia podczas przepływania naokoło niej prądu. Przez to drut ten nabiera pewnych własności, których nie traci (jak to czyniło żelazo) po przerwaniu prądu, lecz zachowuje od tej chwili trwale. Jeżeli naprzykład zawiesimy ten drut za jego środek na cienkiej nitce tak, by się wahał w płaszczyznie poziomej, wskazywać on będzie, po uspokojeniu się, zawsze w jednym kierunku, mianowicie mniej więcej z południa na północ.

Drut stał się istotnie igłą kompasową, która wskazuje zawsze jeden kierunek i oddaje znakomite usługi marynarzom przy kierowaniu okrętów po należytej drodze. Kawałek

twardej stali, posiadający tę własność, nazywa się **magnesem**.

Doświadczenie 66. Osadźmy igłę magnesową poziomo i zupełnie swobodnie na ostrzu; przyjmie ona kierunek mniej więcej z południa na północ. Lecz skoro tylko zbliżymy drut, po którym przepływa prąd elektryczny, pokaże się, że igła przyjmuje inny kierunek, mianowicie ustawia się poprzecznie czyli pod kątem prostym do drutu, po którym płynie prąd.

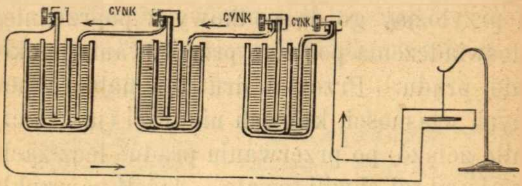


Fig. 48.

Skoro tylko prąd zostanie przerwany, igła przyjmuje swe położenie pierwotne.

Doświadczenie 67. Doświadczenie to możemy uczynić jeszcze bardziej zajmującem przez urządzenie, przedstawione na załączonym rysunku (fig. 48). Ustawiamy baterye na jednym końcu pokoju i od jej biegunów prowa-

dzimy dwa druty owinięte nićmi na drugi koniec pokoju, gdzie też łączymy je ze sobą, tak że obwód jest zamknięty i baterya działa. Prócz tego zawieszamy swobodnie w miejscu najbardziej od bateryi oddalonem w pobliżu drutu igłę magnesową; igła ta odchyla się mocno, gdy prąd przepływa po drucie. Jeżeli na drugim końcu pokoju przerwiemy połączenie drutu z biegunem bateryi, prąd w tej samej chwili przestaje przepływać, i igła magnesowa powraca do swego położenia pierwotnego.

89. Telegraf elektryczny.

Widzimy z tego, że skoro tylko przerwiemy połączenie drutu z bateryą na jednym końcu pokoju, igła magnesowa, znajdująca się na drugim końcu pokoju, poruszy się w tej samej chwili. Toż samo zaszłoby i w tym razie, gdybyśmy druty, połączone z biegunami, przeprowadzili na odległość stu, a nawet tysiąca mil i tam połączyli je ze sobą. Jeżeli umieścimy igłę magnesową obok drutu, po którym przepływa prąd, odchyla się ona, chociażby ten drut był oddalony od bateryi o tysiąc mil; skoro tylko drugi koniec tego drutu o długości tysiąca mil zostanie odłączony od bateryi, prąd przestaje przepływać, i igła ma-

gnesowa powraca do zwykłego położenia. Widzimy przeto, że można poruszać igłę magnesową umieszczoną na odległości tysiąca mil, przerywając lub wytwarzając połączenie pomiędzy drutami i biegunami bateryi.

Taka jest zasada telegrafu elektrycznego, dzięki któremu wiemy, co się dzieje w Ameryce, w kilku sekund po tem, jak się to stało. Nie możemy przedmiotem tym zajmować się bliżej; niechaj wystarczy nam zrozumienie tego, że można poruszać igłę magnesową z odległości tysiąca mil. Z ruchów igły można utworzyć alfabet, podobny do alfabetu głuchoniemych, za pomocą którego można przesyłać wiadomości.

90. Zakończenie.

Poznaliśmy, co prąd elektryczny sprawiać może: że, po pierwsze, rozżarza cienki drucik, po którym przepływa; że, powtóre, rozkłada wodę i inne ciała złożone; że, po trzecie, magnesuje czasowo kawałek miękkiego żelaza, że, po czwarte, zamienia kawałek twardej stali w magnes trwały; że wreszcie, po piąte, odchyla igłę magnesową i robi możebnem telegrafowanie na znaczne odległości.

Nie możemy zatrzymywać się na tym bardzo ciekawym przedmiocie dłużej. Na zakończenie zestawimy razem to, czegośmy się nauczyli o czynnych stanach materyi. Mówiliśmy przedewszystkiem o ciałach, poruszających się ruchem postępowym, później o ciałach drgających, następnie o ciałach ogrzanych i wreszcie o ciałach naelektryzowanych. Usiłowaliśmy wszędzie wykazać, że energia, jaką ciało posiada, nigdy nie ginie istotnie. Może ona, bez wątpienia, przechodzić w inne ciała, lub też zmieniać swą postać, przechodząc z energii widzialnej w dźwięk, ciepło lub w energię elektryczną, i w ogóle odmieniać się rozmaicie, lecz nie może zginąć tak samo, jak cząsteczka materyi.

Jak nauka chemii opiera sie na zasadzie, że materya zmienia tylko swą postać, przechodząc z jednego połączenia w inne, lecz nie ginie przytem, tak też nauka fizyki opiera się na zasadzie, że energia zmienia tylko swą postać, lecz nigdy nie ginie. Jestto zasada, której obszerniejsze i dokładne rozważanie pozostawić należy studyom poważniejszym.

Wiadomości, które pamiętać należy.

Metr ma 10 decymetrów, 100 centymetrów, 1000 milimetrów.

Kilometr ma 1000 metrów, mila równa się $7\frac{1}{2}$ kilometrom.

Kilogram ma 1000 gramów.

Gram ma 10 decygramów, 100 centygramów, 1000 miligramów.

Kamień, puszczony z ręki, przebiega w pierwszej sekundzie 49 decymetrów, czyli prawie 5 metrów.

Z metali stal posiada największą wytrzymałość, złoto zaś największą klepalność; centymetr sześcienny złota można ukuć lub zwalcować na blaszkę, która może pokryć całą podłogę pokoju o długości i szerokości 3 metrów.

Diament jest ciałem najtwardszem; to zna-

czy, że rysuje on wszystkie inne ciała, sam zaś przez żadne nie jest rysowany.

1 centymetr sześcienny wody waży 1 gram.

1000 centymetrów sześciennych powietrza waży 1293 miligramów.

1000 centymetrów sześciennych kwasu węglanego waży 1977 miligramów.

1000 centymetrów sześciennych wodoru waży 90 miligramów.

Ciśnienie atmosfery utrzymuje słup rtęci o wysokości 76 centymetrów, a słup wody o wysokości $10^1/_2$ metrów.

Dźwięk rozchodzi się w powietrzu z szybkością wynoszącą około 340 metrów na sekundę.

Struna fortepianowa, która wykonywa 50 drgnień w sekundzie, wydaje ton nizki: struna zaś, która wykonywa 10000 drgnień w sekundzie, wydaje przeraźliwy wysoki ton.

Ciepło potrzebne do stopienia jednego kilograma lodu jest w stanie ogrzać 80 kilogramów wody o jeden stopień; ciepło zaś potrzebne do zamiany jednego kilograma wrzącej wody na parę jest w stanie ogrzać 537 kilogramów o jeden stopień.

Światło rozchodzi się w przestrzeni z szybkością wynoszącą 300000 kilometrów, czyli 40400 mil na sekundę.

Iskra butelki Lejdejskiej trwa zaledwie jedną dwudziestoczterotysiączną część sekundy.

Przepisy dotyczące przyrządów.

Przyrząd, służący do doświadczenia, ustawia się na stole przed lekcyą; nauczyciel powinien być pewnym, że wszystkie doświadczenia z łatwością wykonać się dadzą. Po lekcyi należy przyrząd postawić ostrożnie na swojem miejscu.

Tłok w maszynie pneumatycznej (pompie powietrznej) powinien szczelnie przystawać do walca; w tym celu naciera się go tłuszczem. Aby klosz dobrze przystawał do talerza, dolny brzeg jego smaruje się łojem. Jeżeli klosz przystaje dobrze, wówczas można go lekko i bez szmeru przesuwać po talerzu. Jeżeli zaś przy przesuwaniu daje się słyszeć skrzypienie, wykazuje to obecność twardych cząsteczek; w tym razie należy brzeg klosza

oczyścić starannie i ponownie natrzeć łojem. Uwaga ta dotyczy również półkul (fig. 15).

Aby w doświadczeniu 28 udało się napełnić naczynie kwasem węglanym, rurka przywodząca gaz powinna dochodzić prawie do dna naczynia.

Przy napełnianiu tego samego naczynia wodorem (doświadczenie 29) rurka przywodząca gaz powinna wznosić się prawie do dna naczynia, ustawionego teraz dnem do góry.

Cały przyrząd, służący do doświadczenia 45, należy na kilka godzin przed pokazaniem doświadczenia ustawić w zimnym pokoju.

Wielką ostrożność zachowywać należy w obchodzeniu się z fosforem. Fosfór należy przechowywać pod wodą; małe odcięte do doświadczenia kawałeczki należy przed użyciem dobrze osuszyć bibułą.

Jeżeli rtęć jest zabrudzona, zwija się kartkę papieru w lejek i na końcu jego robi się cienką igłą otwór. Nalewa się następnie ostrożnie w ten lejek rtęci i przepuszcza przez mały ów otwór w naczynie do tego przeznaczone. Otrzymana rtęć będzie znów posiadać powierzchnię zwierciadlaną.

Uważać należy, by rtęć nie stykała się z innymi metalami. Pewną część rtęci, przeznaczoną do amalgamowania cynków bateryi, należy przechowywać osobno.

Przed użyciem maszyny elektrycznej należy ogrzać jej krąg szklany. W tym celu ustawia się maszynę nad ogniem i od czasu do czasu obraca korbę, aby różne części płyty były wystawione na działanie ognia. Jeżeli zaniedbamy tę ostrożność, szkło może pęknąć.

Elektroskopu nie należy ładować zbyt mocno, gdyż listki złote mogą odepchnąć się aż do ścian butelki i porozrywać się. Aby naładować elektroskop, dość przepuścić w butelkę Lejdejską jedną krótką iskrę z maszyny i dotknąć się jej gałką kulki elektroskopu.

Odosobniające podstawki konduktora powinny być ciepłe i suche.

Wreszcie butelkę Lejdejską i w ogóle wszystkie części szklane przyrządów przy doświadczeniach elektrycznych należy utrzymywać w stanie ciepłym i suchym.

W bateryi Grove'go cynk powinien być dobrze poamalgamowany (patrz Chemię), a miejsca połączenia różnych części metalowych powinny być starannie oczyszczone.

Rozcieńczony kwas siarczany w naczyniach zewnętrznych powinien zawierać 1 część (na objętość) stężonego kwasu siarczanego na 8 części (na objętość) wody.

Naczynie dziurkowate z bateryi Grove'go należy po użyciu bateryi wymoczyć w wodzie, płytki zaś cynkowe i platynowe należy obmyć starannie.

W doświadczeniu 66 druty od bateryi należy zanurzać w niewielkie mosiężne miseczki napełnione rtęcią.

PYTANIA I ZADANIA.

Wstęp. (Str. 1).

I. Określenie fizyki.

1. Wymień dwa różne **rodzaje** ciał.

2. Podaj przykład dwu różnych **stanów** jednego ciała.

II. Określenie ruchu.

1. Aby rozumieć dobrze ruch, trzeba wiedzieć dwie rzeczy. Jakie?

2. Jeden człowiek, idąc wciąż jednakowym krokiem, przechodzi 10 kilometrów w $2^1/_4$ godziny, drugi przechodzi 5 kilometrów w godzinę; który z nich chodzi szybciej?

3. Pewien człowiek przechodzi $12^1/_2$ kilometrów w $2^1/_2$ godziny. Z jaką szybkością porusza się on? Kula armatnia przebiega 2200

metrów w $5^1/_2$ sekund. Jaka jest jej szybkość?

III. Określenie siły.

1. Co rozumieć należy pod wyrazem siła?
2. Wymień przypadek, gdzieby siła wprawiała w ruch ciało pozostające w spoczynku.
3. Wskaż doświadczenie, w którem siła zatrzymuje ciało poruszające się.
4. Wskaż przypadek, w którym siła zostaje zniszczona przez drugą siłę.

Najważniejsze siły przyrody. (Str. 11).

I. Określenie ciężkości.

1. Co jest przyczyną ciężaru ciał?
2. Przypuśćmy, że możemy wydrążyć wewnątrz ziemię, pozostawiając tylko cienką skorupę, na której byśmy stali; czy zmieniłby się przez to ciężar kawałka ołowiu?
3. Czy kawałek ołowiu trzymany przez nas w ręku posiadałby ciężar, gdyby ziemi pod nami nie było?

II. Określenie spójności.

1. Podaj przykład spójności.
2. Na czem polega najważniejsza różnica

pomiędzy ciężkością i spójnością? Objaśnij to na przykładzie.

III. Określenie powinowactwa chemicznego.

1. Podaj przykład powinowactwa chemicznego.
2. Jaka jest szczególna własność tej siły?

IV. Pożytek tych sił.

1. Coby zaszło, gdyby ciężkość nie istniała?
2. Coby było, gdyby spójność nie istniała?
3. Coby było, gdyby powinowactwo chemiczne nie istniało?

Jak działa ciężkość. (Str. 18).

I. Środek ciężkości.

1. Co rozumieć należy pod środkiem ciężkości ciała?
2. Czy każde ciało ma środek ciężkości?
3. Jakie położenie zajmuje środek ciężkości przy równowadze ciała, zawieszonego swobodnie w jednym punkcie?
4. Opisz praktyczny sposób oznaczania środka ciężkości w nieforemnej płaskiej blasze.

5. Czy można zastosować ten sposób i w tym razie, gdy blacha jest pogięta? Wytłumacz to.

II. Waga.

1. Narysuj zwyczajną wagę.
2. Dlaczego środek ciężkości belki nie powinien się znajdować wyżej punktu jej oparcia, około którego waga się waha?
3. Co sprowadza belkę wagi napowrót do określonego położenia, jeżeli jedna jej strona przechyla się na dół?

Trzy stany skupienia. (Str. 23).

1. Wymień trzy stany skupienia materyi.
2. W którym z tych stanów ciało posiada największą spójność? W którym nie posiada spójności?
3. Opisz doświadczenie, wykazujące, że rtęć posiada pewną spójność.
4. Opisz doświadczenie, wykazujące, że woda posiada pewną spójność.
5. Podaj określenie ciała stałego.
6. Podaj określenie cieczy.
7. Podaj określenie gazu.

Własności ciał stałych. (Str. 26).

1. Czy **bezwzględnie** nie można zmienić kształtu ani objętości ciała stałego?

2. Przytocz różne sposoby, jakimi usiłować można złamać sztabę żelazną lub też zmienić jej kształt.

3. Opisz doświadczenie, wykazujące, że zginanie belki jest prawie proporcyonalne do użytego ciężaru.

4. Ciężar 5 kilogramów, zawieszony jak w doświadczeniu 9, pociąga środek belki na dół o jeden centymetr. O ile zostanie pociągnięty na dół środek belki, jeżeli zamiast 5 zawiesimy 10 kilogramów?

5. Opisz doświadczenie, wykazujące, że belka położona na boku zgina się mniej, aniżeli położona na płask.

6. Co rozumieć należy pod **granicą zupełnej powrotności** budowli?

7. Na co głównie powinien zwracać uwagę budowniczy lub inżynier?

8. Wytłumacz za pomocą doświadczenia tarcie.

9. Coby było, gdyby tarcie nie istniało?

Własności cieczy. (Str. 33).

I. Objętość i kształt.

1. Czy ciecz posiada dążność do zachowania swego obecnego kształtu?

2. Czy ciecz posiada dążność do zachowania swej obecnej objętości? Objaśń swą odpowiedź przez doświadczenie.

II. Ciecze roznoszą ciśnienie.

1. Opisz doświadczenie, wykazujące, że ciecze przenoszą ciśnienie.

2. Opisz doświadczenie, wykazujące, że ciecze roznoszą ciśnienie na wszystkie strony.

3. Kto wykrył tę własność cieczy?

4. Opisz doświadczenie, wykazujące, że ciśnienie cieczy na tłok jest proporcyonalne do powierzchni tłoka.

5. Przypuśćmy, że na powierzchnię kwadratowego tłoka o długości boków, wynoszącej 4 centymetry, woda wywiera ciśnienie 5 kilogramów; jak wielkie jest ciśnienie wody na tłok również kwadratowy o długości boków, wynoszącej 8 centymetrów?

III. Prasa hydrauliczna.

1. Narysuj i opisz prasę hydrauliczną.

2. Przypuśćmy, że powierzchnia tłoka większego w prasie hydraulicznej jest 80 razy większa od powierzchni tłoka małego, i że na mniejszy tłok działa siła 6 kilogramów. Z jaką siłą tłok większy będzie unoszony w górę?

3. Czy większy tłok w prasie hydraulicznej podnosi się do góry z taką samą szybkością, z jaką opuszcza się na dół tłok mniejszy?

IV. Ciecze układają się do poziomu.

1. Opisz doświadczenie, wykazujące, że kierunek siły ciężkości jest zawsze prostopadły do swobodnej powierzchni rtęci, lub innej cieczy.

2. Narysuj i opisz wagę poziomowania.

V. Ciśnienie wewnątrz cieczy.

1. Narysuj i opisz doświadczenie, wykazujące, że ciśnienie w cieczy jest proporcyonalne do głębokości i że jest wywierane również z dołu do góry, jak też i z góry na dół.

2. Przypuśćmy, że na głębokości 4 metrów pod powierzchnią jeziora ciśnienie na pewną powierzchnię wynosi 2 kilogramy. Ile

wynosi ciśnienie na tęż samą powierzchnię na głębokości 10 metrów pod powierzchnią wody?

3. Czy ciśnienie na pewnej głębokości zależy od rozległości jeziora?

4. Jak przejawia się to ciśnienie przy zanurzaniu butelki pod wodę?

VI. Parcie wody.

1. Wytłumacz za pomocą doświadczenia parcie wody.

2. Przeprowadź doświadczenie, wykazujące, że jakkolwiek jakieś ciało ważone w wodzie **pozornie** jest lżejszem, jednak **istotnej** straty na ciężarze nie doświadcza.

3. Przeprowadź doświadczenie, wykazujące, że ciało ważone w wodzie traci na swoim ciężarze tyle, ile waży woda w jego objętości.

4. Dlaczego kawałek żelaza opada w wodzie na dół?

5. Dlaczego kawałek korka pływa po wodzie?

6. W jakim razie ciało nie opada w wodzie na dół, ani też nie wznosi się w górę,

lecz w każdem miejscu cieczy pozostaje w równowadze?

VII. Ciężar gatunkowy.

1. Co rozumieć należy pod ciężarem gatunkowym ciała?

2. Kawałek czystego złota waży w powietrzu 19 decygramów, a w wodzie 18 decygramów. Oznacz jego ciężar gatunkowy.

3. W jakich warunkach i przez kogo został obmyślany sposób oznaczania ciężaru gatunkowego?

4. Przypuśćmy, że kawałek złota, podawanego za czyste, waży 25 decygramów w powietrzu i 23 decygramy w wodzie. Czy złoto to jest czystem? Wytłumacz dlaczego?

5. Kawałek kamienia waży 60 gramów w powietrzu i 45 gramów w wodzie. Inny kawałek tego kamienia waży w powietrzu 140 gramów; jak wielki będzie jego ciężar w wodzie?

VIII. Parcie innych cieczy.

1. Jaka ciecz wywiera większe parcie, lekka czy też ciężka?

2. Wymień ciecz, po której żelazo pływa.

3. Czy człowiek pływa z większą łatwością po wodzie słodkiej, czy też słonej?

4. Wymień jezioro, w którem człowiek nie może utonąć.

IX. Włoskowatość.

1. Nazwij przypadek, w którym woda wznosi się ponad swój poziom.

2. Wykaż za pomocą doświadczenia, że wzniesienie się to zależy od siły przyciągającej, wywieranej przez użyte ciało na wodę.

3. Wymień ciało, które posiada podobną siłę przyciągającą względem rtęci.

Własności gazów. (Str. 52).

I. Ciśnienie i ciężar powietrza.

1. Na czem polega różnica istotna pomiędzy gazem i cieczą?

2. Czy powietrze jest przyciągane, czy też odpychane przez ziemię? Wykaż doświadczeniem słuszność swej odpowiedzi.

3. Opisz doświadczenie, wykazujące, że niektóre gazy są lżejsze od powietrza.

4. Opisz doświadczenie, wykazujące, że niektóre gazy są cięższe od powietrza.

5. Czy ocean powietrza, znajdujący się nad nami, ciśnie na ziemię tak samo, jak ocean wodny na dno morskie?

6. Dlaczego kartka papieru nie jest przyciskana mocno do stołu przez ciężar znajdującego się nad nią powietrza? Objaśń swą odpowiedź doświadczeniem.

7. Opisz doświadczenie, wykazujące, że powietrze wywiera parcie.

II. Barometr i jego zastosowania.

1. Opisz barometr.

2. Kto go wynalazł?

3. Jak wielka jest zwykła wysokość słupa rtęci w barometrze?

4. Czy słup ten staje się dłuższym, czy też krótszym, gdy przenosimy barometr na szczyt wysokiej góry?

5. Co rozumieć należy pod **próżnią Torricelli'ego**?

6. Jak zmienia się w ogóle wysokość słupa rtęci przy zmianie pogody?

III. Pompa pneumatyczna.

1. Co rozumieć należy pod wyrazami: **tłok, walec, klapa**?

2. Narysuj pompę pneumatyczną i opisz jej działanie.

3. Przypuśćmy, że klosz szklany pompy pneumatycznej zawiera 90 centymetrów sześciennych, a walec 10 centymetrów sześciennych. Jaka część powietrza zawartego pod kloszem zostanie usunięta z pod klosza przy każdem pociągnięciu tłoka?

IV. Pompa wodna. Lewar.

1. Jeżeli do barometru użyjemy zamiast rtęci wody, czy słup jej będzie dłuższy czy też krótszy?

2. Jak wysoki byłby w przybliżeniu słup cieczy w barometrze wodnym?

3. Narysuj zwyczajną pompę wodną i opisz jej działanie.

4. Dla czego pompa wodna nie działałaby, gdyby odległość pomiędzy powierzchnią wody w zbiorniku i dolną klapką wynosiła więcej, niż $10^1/_2$ metrów?

5. Dla czego odległość wzmiankowaną w pytaniu 4 należy zmienić, jeżeli pompa znajduje się na szczycie wysokiej góry?

6. Niekiedy przed użyciem pompy należy nalać cokolwiek wody na tłok. W jakim celu?

7. Narysuj lewar i wytłumacz jego zastosowanie.

Ciała poruszające się. (Str. 72.)

I. Energia i praca.

1. Czy **energia** jest materyą, czy też **stanem** materyi?

2. Co rozumiemy, mówiąc, że ciało posiada energię?

3. Przytocz najważniejsze przypadki, kiedy ciało posiada energię.

4. Jak mierzymy energię?

5. Co przyjmujemy za **jednostkę pracy**?

6. Ile wykonywamy pracy, podnosząc przeciw sile ciężkości 5 kilogramów na wysokość 3 metrów?

7. Przypuśćmy, że armata wyrzuca kulę, ważącą 50 kilogramów, pionowo w górę, i że kula wznosi się do wysokości 400 metrów, zanim pocznie opadać; jak wielką energię posiada ta kula?

II. Praca wykonywana przez ciała poruszające się.

1. Kamień, ważący 1 kilogram, wyrzucony w górę z szybkością początkową, wynoszącą

10 metrów na sekundę, wznosi się na wysokość 5 metrów; jaką on zawiera energię?

2. Jeżeli kamień, ważący 2 kilogramy, zostanie wyrzucony w górę z szybkością początkową, wynoszącą 10 metrów na sekundę, jak wysoko wzniesie się on i ile posiada energii?

3. Do jakiej wysokości wzniesie się i ile posiada energii kamień, ważący 1 kilogram, wyrzucony w górę z (podwójną) szybkością, wynoszącą 20 metrów na sekundę?

4. Przypuśćmy, że kula armatnia wyrzucona z szybkością 300 metrów na sekundę przebija 6 dębowych bali. Ile takich samych bali przebije ta sama kula, wyrzucona z (podwójną) szybkością 600 metrów na sekundę?

III. Energia położenia.

1. Czy lew śpiący, lub też spoczywający jest pozbawiony energii? Jeżeli nie, to jaką energię on posiada?

2. Podaj przykład, wykazujący, że stos kamieni może posiadać energię dzięki swemu położeniu.

3. W jakim przypadku zbiornik wody posiada energię?

4. Jakim rodzajem energii posługuje się wiatrak?

5. Wytłumacz, jaką wyższość posiada energia położenia nad energią ruchu.

Ciała drgające. (Str. 80).

I. Drganie. Dźwięk.

1. Daj przykład ciała poruszającego się, które jednak, uważane jako całość, miejsca swego nie zmienia.

2. Jak się nazywa ten osobliwy rodzaj ruchu?

3. Czy ciało drgające udziela otaczającemu je powietrzu szereg uderzeń?

4. Gdy uderzenia te dochodzą do naszego ucha, jak nazywamy wrażenie, przez nie sprawiane?

II. Hałas i muzyka.

1. Podaj przykład, w którym ciało udziela powietrzu tylko jedno uderzenie.

2. Podaj przykład, w którym ciało udziela powietrzu szereg uderzeń.

3. Jak nazywamy wrażenie, sprawione w naszem uchu przez jedno tylko uderzenie?

4. Jak nazywamy wrażenie, sprawione w naszem uchu przez szereg uderzeń?

5. Na czem polega fizyczna różnica pomiędzy tonem nizkim i wysokim?

6. Podaj przykład, wykazujący, że dźwięk jest pewnym rodzajem energii i jest w stanie wykonywać pracę.

III. Rozchodzenie się dźwięku w powietrzu.

1. Opisz doświadczenie, wykazujące, że do rozchodzenia się dźwięku niezbędnem jest powietrze.

2. Gdy wystrzał armatni zadaje powietrzu uderzenie, czy też same cząsteczki zostają odrzucone aż do ucha człowieka, słyszącego zdala wystrzał?

3. Jeżeli zachodzi coś innego, to w jaki sposób ruch przenosi się aż do jego ucha? Wytłumacz swą odpowiedź przez doświadczenie.

4. Jakie poparcie swych rozumowań znaleźć możesz w grze krokietowej?

IV. Szybkość dźwięku.

1. Przytocz objaw, wykazujący, że potrzeba pewnego czasu na to, aby dźwięk doszedł od armaty do naszego ucha.

2. Z jaką szybkością rozchodzi się dźwięk w powietrzu?

3. Z jaką szybkością rozchodzi się dźwięk w wodzie?

4. Z jaką szybkością rozchodzi się dźwięk w drzewie?

5. Przypuśćmy, że słyszymy huk wystrzału armatniego w $5^1/_2$ sekundy po ujrzeniu ognia i dymu; jak daleko od nas znajduje się armata?

V. Odbicie dźwięku. Echo (odgłos).

1. Przytocz fizyczne objaśnienie odgłosu.

2. Opisz doświadczenie, wykazujące, że dźwięk, podobnie jak światło, może się skupiać w ognisku.

3. Objaśń tą własnością dźwięku osobliwość katedry ś-tego Pawła w Londynie.

VI. W jaki sposób oznacza się ilość drgnień w sekundzie, odpowiadającą pewnemu tonowi.

1. Narysuj i opisz przyrząd, za pomocą którego można oznaczyć ilość drgnień w sekundzie, odpowiadającą danemu tonowi.

Ciała ogrzane. (Str. 94.)

I. Istota ciepła (Uwaga pierwsza.)

1. Czy ciało gorące jest cięższe od zimnego?

2. Czy ciało gorące posiada więcej energii, aniżeli zimne?

3. Jeżeli ciepło jest pewnym rodzajem ruchu, dla czego oko nie widzi ruchów cząsteczek ciała ogrzanego?

4. Przy rozważaniu **ciał drgających** należy zwracać uwagę na dwie rzeczy. Na jakie?

5. Przy rozważaniu **ciał ogrzanych** należy zwracać uwagę na dwie rzeczy. Na jakie?

II. Rozszerzanie się ciał od ciepła.

1. Opisz doświadczenie, wykazujące, że sztaba metalowa wydłuża się przy ogrzewaniu.

2. Co zajdzie, jeżeli ogrzewać będziemy wydrążoną kulę szklaną napełnioną wodą?

3. Co zajdzie przy ogrzewaniu pęcherza, napełnionego w $^2/_3$ jego zawartości powietrzem?

III. Termometr i jego urządzenie.

1. Opisz przyrząd zwany **termometrem rtęciowym** i jego sposób działania.

2. Opisz sposób napełniania i zatapiania termometru rtęciowego.

3. Opisz sposób robienia podziałek na termometrze rtęciowym stustopniowym.

4. Dla czego przyrząd ten nazywa się termometrem stustopniowym?

5. Jaki jest stopień ciepła krwi na skali stustopniowej?

IV. Rozszerzanie się ciał stałych, cieczy i gazów.

1. Co rozszerza się mocniej, szkło czy też ołów?

2. Co rozszerza się mocniej, platyna czy też cynk?

3. Wykaż za pomocą termometru, że ciecze rozszerzają się bardziej, aniżeli ciała stałe.

4. Czy ciecze rozszerzają się bardziej przy wysokich, aniżeli przy nizkich temperaturach, czy też naodwrót?

5. Czy gazy rozszerzają się bardziej, aniżeli ciecze?

6. Czy prócz ciepła bywają jeszcze inne przyczyny rozszerzania się gazów?

7. Jeżeli pęcherz nie całkiem napełniony powietrzem zajmuje przy punkcie krzepnięcia wody objętość 1000 centymetrów sześciennych, to jaką objętość zajmie on przy punkcie wrzenia?

8. Opisz doświadczenie, wykazujące, że ciecze rozszerzają się z olbrzymią siłą.

9. Opowiedz, jakie usługi oddaje siła kurczenia się przy oziębianiu przy wyrobie kół do wozów.

V. Ciepło właściwe.

1. Co rozumieć należy pod **ciepłem właściwem** ciała?

2. Wymień ciało, posiadające duże ciepło właściwe.

3. Wymień ciało, posiadające bardzo małe ciepło właściwe.

4. Objaśń swe odpowiedzi na pytania 2 i 3 za pomocą doświadczenia.

VI. Zmiana stanu skupienia.

1, W jaki sposób ogrzewanie ciała zmienia jego stan skupienia?

2. Jeden kawałek żelaza jest rozżarzony do białości, lecz pozostaje w stanie stałym; drugi jest roztopiony. Który z nich jest bardziej gorący?

3. Jeden kawałek żelaza został stopiony, drugi przemieniony w parę. Który z nich został ogrzany mocniej?

4. Czy do oznaczania temperatury możemy się zadowolnić naszym zmysłem dotyku?

5. Wymień jakiebądź ciało trudno topliwe.

6. Jaki jest punkt topnienia lodu i punkt wrzenia wody na termometrze stopniowym?

VII. Ciepło utajone wody i pary.

1. Wytłumacz za pomocą doświadczenia ciepło utajone wody.

2. Jeżeli 1 kilogram lodu przy 0^0 zmieszamy z 1 kilogramem wody wrzącej przy 100^0, czy temperatura mieszaniny będzie wyższa, czy też niższa od 50^0?

3. Co rozumieć należy, mówiąc, że ciepło utajone wody wynosi 79?

4. Co rozumiemy, mówiąc, że ciepło utajone pary wynosi 537?

5. Coby się działo w niektórych miejscowościach, gdyby ciepło utajone wody było bardzo małe?

6. Wytłumacz za pomocą doświadczenia ciepło utajone pary.

7. Jeżeli zmieszamy 1 kilogram wody oziębionej do 0^0 z 1 kilogramem pary przy 100^0, czy temperatura mieszaniny będzie wyższa, czy też niższa od 50^0?

8. Coby się działo, gdyby ciepło utajone pary było bardzo małe?

9. Opisz doświadczenie, wykazujące, że istotna para jest niewidzialną.

VIII. Wrzenie i parowanie.

1. Wytłumacz różnicę pomiędzy **wrzeniem i parowaniem.**

2. Od czego zależy punkt wrzenia wody?

3. Czy punkt wrzenia na wierzchołku góry będzie wyższy, czy też niższy, aniżeli u jej podnóża? Dlaczego?

4. Czy będzie on wyższy, czy też niższy na spodzie kopalni? Dlaczego?

5. Opisz doświadczenie, wykazujące wpływ zmniejszenia ciśnienia na punkt wrzenia.

6. Czy woda rozszerza się, czy też kurczy przy przejściu ze stanu stałego w ciecz? Objaśń swą odpowiedź przez doświadczenie.

7. Wymień ciało, które zachowuje się pod tym względem inaczej, aniżeli woda.

8. Czy ciała się rozszerzają, czy też kurczą przy przejściu ze stanu ciekłego w gaz?

9. Jaką objętość zajmuje para, powstająca z jednego centymetra sześciennego wrzącej wody?

IX. Inne skutki ciepła. Mieszaniny oziębiające.

1. Daj przykład tego, że ciepło może sprawiać działanie chemiczne.
2. Czy działanie chemiczne zawsze wytwarza ciepło?
3. Daj przykład, w którym przy mieszaniu dwóch ciał występuje obniżenie temperatury, i wytłumacz to działanie.
4. Dla czego ciecz, szybko parująca, jest bardzo zimną?
5. Opisz doświadczenie, wykazujące, że woda może być zamrożona wskutek szybkiego parowania.

X. Rozchodzenie się ciepła.

1. Czy ciepło posiada zawsze dążność do rozchodzenia się?
2. Jakie są różne sposoby rozchodzenia się ciepła?
3. Daj przykład przewodnictwa, roznoszenia i promieniowania.

XI. Przewodnictwo i roznoszenie ciepła.

1. Opisz doświadczenie, wykazujące, że metal przewodzi ciepło lepiej, aniżeli szkło.

2. Czy wełna i pierze są dobrymi, czy też złymi przewodnikami?

3. Kiedy te ciała chronią od ogrzewania?

4. Kiedy te ciała chronią od oziębienia?

5. Opisz doświadczenie, wykazujące, że miedź jest lepszym przewodnikiem, aniżeli żelazo.

6. Na czem polega istotna różnica pomiędzy przewodnictwem i roznoszeniem ciepła?

7. Narysuj kierunki prądów w naczyniu z wodą, ogrzewanem z dołu.

8. Wytłumacz działanie roznoszenia (konwekcyi) ciepła przy zamarzaniu jeziora.

9. Daj przykład roznoszenia ogrzanego powietrza.

10. Wytłumacz **wiatry stałe (pasaty).**

Światło wysyłane przez ciała ogrzane.

(Str. 136).

I. Ciepło promieniste i światło. Szybkość światła.

1. W jaki sposób ciepło słoneczne dochodzi do ziemi?

2. Czy kocioł, napełniony gorącą wodą, wysyła ciepło promieniste?

3. Jak zmieniają się promienie, wysyłane przez ciało, gdy ono ogrzewa się stopniowo coraz bardziej?

4. Kto pierwszy oznaczył szybkość rozprzestrzeniania się światła?

5. Opisz, w jaki sposób oznaczenie to dokonane zostało.

6. Z jaką szybkością rozchodzi się światło?

7. Gdyby słońce raptownie zagasło, ile upłynęłoby czasu, zanim dostrzeglibyśmy to?

8. Czy światło składa się z cząsteczek, wyrzucanych przez ciała ogrzane? Jeżeli nie, to jakaż jest istota światła?

II. Odbicie światła.

1. Objaśń za pomocą doświadczenia odbicie światła.

2. Przytocz dwa prawa odbicia światła.

3. Narysuj kilka liter z alfabetu i obrazy ich w zwierciadle płaskiem.

4. Jakie obrazy zewnętrznych przedmiotów tworzą się w błyszczącej kulce termometru?

5. Opisz doświadczenie z dwoma zwierciadłami wklęsłemi.

III. Załamanie światła.

1. Objaśń za pomocą doświadczenia załamanie światła.

2. Narysuj kierunek promienia przed wejściem, podczas przechodzenia i po jego wyjściu z płytki szklanej.

3. Narysuj to samo dla kawałka szkła w kształcie klina **(pryzmatu).**

4. Czy promień światła zostaje przez pryzmat odchylony w stronę jego grubszej części, czy też w stronę przeciwną?

IV. Soczewki. Obrazy przez nie utworzone.

1. Narysuj, jak wygląda soczewka leżąca na stole, gdy patrzymy na nią z góry.

2. Narysuj, jak wygląda soczewka z boku.

3. Wytłumacz, na czem polega podobieństwo pomiędzy soczewką i pryzmatem.

4. Pokaż za pomocą rysunku, jak załamuje soczewka wiązkę promieni równoległych, padających na nią zdaleka.

5. W jaki sposób soczewka może działać jako szkło palące?

6. Opowiedz, jak posługuje się soczewką fotograf.

V. Szkła powiększające.

1. W jaki sposób soczewka może służyć do powiększania drobnych przedmiotów?

2. Czy wystarczy jedna soczewka, jeżeli przedmiot znajduje się daleko?

3. Jakie w tym razie należy zastosować urządzenie? Jak się ono nazywa?

VI. Różne rodzaje światła załamują się niejednakowo.

1. Przypuśćmy, że promienie niebieskie, czerwone i zielone padają razem na pryzmat; czy wyjdą one z pryzmatu również razem?

2. Jeżeli nie, to w jakim porządku zostaną one załamane?

3. Z jakich barw składa się światło białe?

4. Pokaż na rysunku, jak można to sprawdzić za pomocą pryzmatu.

5. Kto pierwszy wykrył, że światło białe jest złożonem?

6. Co to jest widmo? Dla objaśnienia swej odpowiedzi opisz odnośne doświadczenie.

VII. Istota ciepła. (Uwaga druga).

1. Gdy kowal uderza ciężkim młotem

w kawałek ołowiu, co się dzieje z energią uderzenia?

2. Co się dzieje z energią użytą na pocieranie guzika metalowego o kawałek drzewa?

3. Objaśń zamianę energii uderzenia na ciepło za pomocą doświadczenia z zapałką.

4. Dlaczego iskry się sypią z hamulca, gdy tenże zatrzymuje pociąg kolei żelaznej?

5. Wymień przypadek, w którym ciepło zamienia się z powrotem w energię widzialną.

Ciała naelektryzowane. (Str. 162).

I. Przewodniki i nieprzewodniki.

1. Jakie zjawiska elektryczne poznano najdawniej?

2. Jakie odkrycie zrobił Dr. Gilbert?

3. Wykaż za pomocą doświadczenia, że elektryczność rozchodzi się po powierzchni metalu.

5. Jak z powodu tej własności nazywają szkło i metale?

6. Wymień kilka dobrych i kilka złych przewodników.

II. Dwa rodzaje elektryczności.

1. Opisz doświadczenie, wykazujące, że istnieją dwa rodzaje elektryczności.

2. Jak zachowują się względem siebie ciała naładowane elektrycznością jednego rodzaju? A jak naładowane różnoimiennemi elektrycznościami?

3. Opisz doświadczenie, w którem obie elektryczności oddzielają się od siebie.

4. Jak elektryzują się szkło i jedwab, gdy pocieramy jedno o drugie?

5. Jak elektryzują się lak i flanela, gdy pocieramy jedno o drugie?

III. Działanie ciał naładowanych na nienaładowane. Doświadczenia.

1. Objaśń, odwołując się do doświadczenia, co rozumieć należy pod **wpływem elektrycznym.**

2. Opisz i wytłumacz iskrę elektryczną.

3. Narysuj elektroskop o listkach złotych i wytłumacz jego działanie.

4. Jak zachowuje się elektroskop naładowany dodatnio, gdy zbliżamy do jego kulki potartą sztabkę szklaną?

5. Jakie działanie wywiera na niego potarta laska laku?

6. Jeżeli zbliżymy do ciała naładowanego elektrycznością odosobnioną kulę mosiężną,

otrzymamy krótką iskrę. Jeżeli jednak kula mosiężna jest połączona z ziemią, iskra będzie o wiele mocniejsza. Jak się to objaśnia?

7. Jeżeli do kuli przytwierdzimy ostrze, nie otrzymamy wcale iskry. Dlaczego?

8. Jakie odkrycie zrobił Franklin?

IV. Maszyna elektryczna. Butelka Lejdejska.

1. Narysuj zgruba maszynę elektryczną i opisz jej sposób działania.

2. Narysuj butelkę Lejdejską i opisz jej działanie.

3. Narysuj wyładowywacz i opisz jego użytek.

V. Energia ciał naelektryzowanych.

1. Podaj dowód, że elektryczność jest czemś, co posiada energię.

2. Czy błysk światła w błyskawicy jest elektrycznością? Jeżeli nie, cóż to jest?

3. Dlaczego trudno jest obracać maszynę elektryczną?

VI. Prąd elektryczny.

1. Narysuj baterye Volty i opisz jej działanie.

2. Co rozumieć należy pod biegunami bateryi?

3. W jakim kierunku płynie prąd elektryczności dodatniej w zamkniętym obwodzie bateryi?

4. Narysuj baterye Grove'go i opisz jej działanie.

VII. Własności prądu.

1. W jaki sposób można prądem elektrycznym ogrzać drut platynowy?

2. W jaki sposób można takim prądem rozłożyć wodę?

3. Gdy woda została rozłożona na części składowe, na jakim biegunie wywiązał się tlen, a na jakim wodór?

4. W jaki sposób prąd elektryczny nadaje żelazu własność przyciągania innych kawałków żelaza?

5. Czy żelazo miękkie zachowuje tę własność po przerwaniu prądu?

6. Co rozumiemy przez **magnes**?

7. Jak zachowuje się magnes pod działaniem prądu elektrycznego?

8. Objaśń, na czem polega możność urządzenia telegrafu elektrycznego.

WYKAZ PRZYRZĄDÓW

potrzebnych do doświadczeń

w tem dziełku opisanych.

№ doświadczenia.	
1 i 2.	Naczynie z grochem.
3.	Blacha żelazna z czterema sznureczkami.
4.	Waga kilogramowa.
	Kawałek metalu ważący 20 gramów.
	Komplet równoważników od 500 gramów aż do 1 decygrama.
5.	Dwa funty rtęci w butelce.
	Dwie kwadratowe płytki szklane o długości boków, wynoszącej 5 centymetrów.
6.	Żaden przyrząd nie jest potrzebny.
9 i 10.	Sztaba drewniana
	Dwa ciężary czterofuntowe.
15.	Pion.
	Płaskie naczynie porcelanowe.
16.	Naczynia połączone.
17.	Wysokie naczynie blaszane z 2-ma rurkami wypływowemi, zatkniętemi korkami.

№ doświadczenia.

17. Walec szklany z ruchomym denkiem na sznureczku.
Naczynie szklane do walca.
Roztwór indygowy.

18 i 19. Masa 100 gramów o ciężarze gatunkowym wody.

20. Kubek metalowy w kształcie walca i walec pełny, dokładnie wypełniający ten kubek, z urządzeniem do zawieszania na wadze.

21. Patrz doświadczenie 18.

22. Kloc drewniany do pokazania pływania.

24. Żaden przyrząd nie jest wymagany.

25. Ręczna pompa pneumatyczna.
Klosz szklany do niej.
Dwa balony kauczukowe.

26. Naczynie szklane walcowe otwarte z góry i z dołu.
Dwa kawałki cienkiego kauczuku do zakrywania tego naczynia z góry.

30. Półkule Magdeburskie.

31. Rurka barometryczna.
Naczynie do niej.
Lejek do napełniania barometru.

32. Model pompy wodnej.

33. Drut drgający osadzony w podstawce.

37. Rurka termometryczna z kulką.
Termometr stustopniowy.

38. Pęcherz napełniony w $^2/_3$ swej zawartości powietrzem.

40. Można użyć naczynie blaszane z doświadczenia pierwszego.

№ doświadczenia.

41. Można użyć kolbę z doświadczenia 42.
42. Kolba i dwa korki do niej.
Trójnóg i siatka druciana.
43 i 44. Osobnego przyrządu nie potrzeba.
45 Naczynie z kwasem siarczanym i płaskie naczynie do wody
46. Żaden przyrząd nie jest potrzebny.
47. Można użyć kolbę z doświadczenia 42.
48. Druty do wykazania niejednakowego przewodnictwa ciepła miedzi i żelaza.
50. Można użyć naczynie blaszane z doświadczenia pierwszego.
51. Camera obscura (ciemnia optyczna).
52. Przyrządu nie potrzeba.
54. Wahadło elektryczne.
Kilka kawałków rdzenia bzowego.
55. Elektroskop o listkach złotych.
Maszyna elektryczna z płytą szklaną o 40 centymetrach średnicy.
Pudełeczko amalgamy.
56. Sztabka do połowy mosiężna, do połowy szklana.
Sztabka szklana pokryta lakiem.
Kawałek materyi jedwabnej.
Kawałek flaneli.
57. Nowego przyrządu nie potrzeba.
58 i 59. Kula mosiężna z ostrzem na odosobniającej nóżce.
60. Przyrządu nie potrzeba.
61. Butelka Lejdejska.

№ doświadczenia.	
61.	Wyładowywacz.
62.	Baterya Grove'go złożona z czterech ogniw. 5o centymetrów cienkiego drutu platynowego.
63.	Woltametr.
64.	Elektromagnes.
65.	Igła i nitka.
66.	Przyrząd do doświadczenia Oerstedt'a.
67.	1o metrów owiniętego drutu miedzianego.